

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
WE WROCŁAWIU
WYDZIAŁ FIZJOTERAPII

Elżbieta Piątek

STABILNOŚĆ POSTAWY CIAŁA DZIEWCZĄT
Z MŁODZIEŃCZĄ SKOLIOZĄ IDIOPATYCZNĄ
W CZASIE STOSOWANIA SPECYFICZNEJ FIZJOTERAPII
I GORSETU CHÊNEAU

Rozprawa doktorska wykonana w Katedrze Terapii Zajęciowej
na Wydziale Fizjoterapii Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu

Promotor:

dr hab. Bożena Ostrowska, prof. AWF

WROCŁAW 2020

Spis treści

I WSTĘP	4
I 1. Forma rozprawy doktorskiej	4
I 2. Wykaz publikacji	4
I 3. Definicja skoliozy idiopatycznej	5
I 4. Epidemiologia i etiologia skolioz idiopatycznych	6
I 5. Patogeneza skolioz idiopatycznych	6
I 6. Leczenie zachowawcze skolioz idiopatycznych	7
I 7. Stabilność postawy ciała osób ze skoliozą idiopatyczną	9
II CEL PRACY	11
II 1. Cel główny	11
II 2. Cele szczegółowe	11
III HIPOTEZY	12
IV MATERIAŁ I METODY BADAWCZE	13
IV 1. Osoby badane	13
IV 2. Metody badawcze	16
IV 3. Metody statystyczne	18
V OMÓWIENIE CYKLU PUBLIKACJI	20
VI WNIOSKI	24
VII PIŚMIENNICTWO	25
STRESZCZENIE	30
ABSTRACT	32
SPIS TABEL	34
ZAŁĄCZNIKI	35
Załącznik 1. Publikacja nr 1. The Effects of Active Self-Correction on Postural Control in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Role of an Additional Mental Task.	35
Załącznik 2. Publikacja nr 2. Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: a pilot study.....	43

Załącznik 3. Publikacja nr 3. Correlation between clinical condition of scoliosis and perception of one's body image by girls with adolescent idiopathic scoliosis.	58
Załącznik 4. Oświadczenia współautorów.	63
Załącznik 5. Zgoda komisji etyki.....	69

I WSTĘP

I 1. Forma rozprawy doktorskiej

Rozprawę doktorską stanowi spójny tematycznie zbiór trzech oryginalnych artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych pod wspólnym tytułem:

STABILNOŚĆ POSTAWY CIAŁA DZIEWCZĄT Z MŁODZIEŃCZĄ SKOLIOZĄ IDIOPATYCZNĄ W CZASIE STOSOWANIA SPECYFICZNEJ FIZJOTERAPII I GORSETU CHÊNEAU

I 2. Wykaz publikacji

Prace stanowiące monotematyczny zbiór publikacji naukowych przedstawiono chronologicznie według daty publikacji (autor/autorzy, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa):

1. **Piątek Elżbieta**, Kuczyński Michał, Ostrowska Bożena. The Effects of Active Self-Correction on Postural Control in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Role of an Additional Mental Task. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17.5: 1640. doi: 10.3390/ijerph17051640.
[MNiSW=70pkt.] IF=2,468
2. **Piątek Elżbieta**, Kuczyński Michał, Ostrowska Bożena. Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: a pilot study. *PeerJ*, 2019, 7: e7513. doi:10.7717/peerj.7513.
[MNiSW=100pkt.] IF=2,353
3. **Piątek Elżbieta**, Zawadzka Dominika, Ostrowska Bożena. Correlation between clinical condition of scoliosis and perception of one's body image by girls with adolescent idiopathic scoliosis. *Physiotherapy Quarterly*, 2018, 26(3):34-38. doi:10.5114/pq.2018.78374. [MNiSW=7pkt.]

We wszystkich wskazanych powyżej pracach miałam decydujący wkład na każdym etapie ich powstawania i redagowania (w tworzeniu koncepcji, planowaniu i przeprowadzeniu badań, analizie wyników i dyskusji oraz pisaniu artykułów).

Sumaryczna punktacja MNiSW rozprawy doktorskiej w postaci monotematycznego cyklu trzech publikacji naukowych wyniosła 177 pkt. Sumaryczny Impact Factor zgodnie z rokiem opublikowania wyniósł 4,821. Pełne teksty opublikowanych prac przedstawiono w formie odrębnych załączników do wniosku (załącznik nr 1-3).

Do rozprawy dołączono również oświadczenia wszystkich współautorów w/w prac zespołowych z określeniem indywidualnego wkładu każdego z nich w jej powstanie (załącznik nr 4-9).

I 3. Definicja skoliozy idiopatycznej

Skolioza idiopatyczna (SI) jest poważną chorobą narządu ruchu, która manifestuje się trójpłaszczyznową strukturalną deformacją kręgosłupa tj. zgięciem bocznym kręgosłupa - płaszczyzna czołowa, pogłębieniem lub spłyceniem krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa - płaszczyzna strzałkowa oraz rotacją kręgów - płaszczyzna poprzeczna. (Negrini i wsp.,2018; Trobisch i wsp., 2010). Do postawienia diagnozy skoliozy, zgodnie z definicją Scoliosis Research Society (SRS) wielkość kątowa skrzywienia w płaszczyźnie czołowej zmierzona zgodnie z metodą Cobba na radiogramie przednio – tylnym (AP) wykonanym w pozycji stojącej wynosi co najmniej 10°. Skolioza idiopatyczna powstaje w wieku rozwojowym oraz ma tendencję do pogarszania się w okresie szybkiego wzrastania kręgosłupa. (Negrini i wsp.,2018; Czaprwski i wsp., 2014).

Nieleczona skolioza może prowadzić do znacznych deformacji w obrębie tułowia, zmian w sylwetce oraz stabilizacji postawy ciała (Ammar i wsp.,2015; Li i wsp., 2016). Istotnym problemem towarzyszącym skoliozie jest brak akceptacji własnego ciała. Obecność deformacji (garbu żebrowego, wał lędźwiowego) wpływa niekorzystnie na poczucie estetyki ciała, pojawienie się: kompleksów, wstydu, obniżonego nastroju, pewności siebie, braku motywacji, co w konsekwencji skutkuje rozwojem depresji i obniżeniem, jakości życia (Negrini i wsp., 2018).

I 4. Epidemiologia i etiologia skolioz idiopatycznych

Skoliozy idiopatyczne stanowią 80% wszystkich przypadków skrzywień kręgosłupa (Negrini i wsp.,2018). Młodzieńcza skolioza idiopatyczna (AIS) jest jedną z najczęściej występujących deformacji kręgosłupa w populacji wieku rozwojowego (1-3% dzieci w wieku 10-16 lat) (Choudhry i wsp., 2016; de Gauzy i Accadbled 2016; Li i wsp., 2016). AIS znacznie częściej występuje u dziewcząt, gdzie ma również przebieg progresyjny. Stosunek dotkniętych AIS dziewcząt do chłopców zależy od wielkości kątowej skrzywienia. Im kąt skrzywienia jest większy tym skolioza częściej pojawia się u dziewcząt. Skoliozy o małych wartościach skrzywienia, dotyczą równie często dziewcząt jak i chłopców. Współczynnik występowania skolioz młodzieńczych dziewczęta: chłopcy w zależności od wartości kątowej skrzywienia wygląda następująco: 10°-20° Cobba: 1,3:1; 20°-30° Cobba: 5,4:1; > 30° Cobba: 7:1 (Negrini i wsp.,2018; Parent i wsp.,2005). Pomimo licznych badań jej etiologia nadal nie jest znana. Różnorodność poglądów wskazuje, że jest ona uwarunkowana wieloczynnikowo (Berwell i wsp., 2008).

I 5. Patogeneza skolioz idiopatycznych

W obliczu nieznannej etiologii naukowcy skupiają się na patomechanizmie powstawania skolioz idiopatycznych. W opisie mechaniki skoliozy został dokonany podział kręgosłupa na trzy kolumny. Kolumna przednia (składa się z trzonów, krążków międzykręgowych, więzadła podłużnego przedniego i tylnego) natomiast dwie kolumny tylne: prawa i lewa (zbudowane z wyrostków kręgów, stawów międzywyrastkowych, więzadeł tylnych oraz mięśni głębokich grzbietu). W trakcie rozwoju skoliozy idiopatycznej obserwuje się zmniejszenie fizjologicznej kifozy piersiowej, klinicznie powstają plecy płaskie. Za czynnik sprawczy zmniejszenia kifozy uważa się względny przedni przerost kręgosłupa (Brink i wsp., 2017; Guo i wsp., 2005). Zaburzenie fizjologicznych krzywizn strzałkowych, szczególnie omawianej powyżej kifozy piersiowej, wpływa niekorzystnie na statykę kręgosłupa, rozmieszczenie środka ciężkości ciała oraz ruchomość klatki piersiowej, a pośrednio na czynność układu oddechowego (Wajchenberg i wsp., 2016).

Asymetryczne obciążanie kręgów oraz zaburzenia procesów wzrostowych niedojrzałego kręgosłupa prowadzi do sklinowacenia kręgów, ale również dysków. Szczyt skrzywienia to

okolica największego sklinowacenia. Proces deformacji kręgosłupa przebiega według prawa Depecha-Wolffa (Vergarii wsp., 2020).

Zaburzona równowaga ciała wywołana skrzywieniem, widoczna jest w obrazie klinicznym pacjenta pod postacią transpozycji tułowia. Zmiany dotyczą również asymetrycznego napięcia mięśni po stronie wypukłej i wklęsłej skrzywienia (Fortin i wsp., 2016; Wajchenberg i wsp., 2016).

I 6. Leczenie zachowawcze skolioz idiopatycznych

Leczenie skolioz koncentruje się na leczeniu zachowawczym i operacyjnym. Podstawowym celem leczenia zachowawczego jest zatrzymanie progresji skrzywienia. Redukcja kąta skrzywienia jest istotnym, ale nie jedynym celem leczenia. Członkowie Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT) wskazują, że poza zmniejszeniem ryzyka progresji skrzywienia, a w konsekwencji zmniejszenia ryzyka leczenia operacyjnego, na równi stawiamy poprawę estetyki (przez korekcję postawy) oraz jakości życia pacjenta (Negrini i wsp., 2018). Istotnymi celami są również: zapobieganie lub leczenie dysfunkcji oddechowych, a także dolegliwości bólowych kręgosłupa (Kotwicki i wsp., 2009; Negrini i wsp., 2012). Pierwszym krokiem aktywnego podejścia w terapii skolioz idiopatycznych jest obserwacja, która składa się z regularnej oceny radiologicznej wykonywanej naprzemiennie z oceną kliniczną. W zależności od konkretnej sytuacji klinicznej okres obserwacji wynosi od 2-3-36-60 miesięcy (Negrini, wsp. 2018).

W leczeniu zachowawczym wyróżnia się leczenie gorsetowe oraz specyficzną dla skolioz idiopatycznych fizjoterapię (Czaprowski i wsp., 2014). Leczenie gorsetowe jest ogólnie zalecane dla pacjentów ze skoliozą idiopatyczną o wartości kąta Cobba w zakresie 25°-45°, zarówno w celu uniknięcia progresji skrzywienia jak i osiągnięcia biernej korekty łuku skrzywienia (Chow i wsp., 2007; Pasquini i wsp., 2016). Gorset ortopedyczny w swoim działaniu wykorzystuje siły zewnętrzne, które działając w zakresie rozciągania, derotacji i przesunięcia tułowia wpływają na zmniejszenie trójpłaszczyznowej deformacji kręgosłupa (Negrini i wsp., 2015). W skoliozach o dużym ryzyku progresji leczenie gorsetowe odbywa się w pełnym wymiarze czasu (G 100% -Full Time Rigid Bracing). Gorset stosowany jest przez całą dobę (do szkoły, po zajęciach szkolnych i podczas snu). W praktyce wynosi to około 20-24 godzin/dobę. Pozostały czas wykorzystany jest na toaletę, ćwiczenia

i odpoczynek. W skoliozach o niewielkim tempie progresji liczba godzin użytkowania gorsetu, wynosi połowę wymiaru czasu (G 50% - Part Time Rigid Bracing), tj. około 12-20 godzin/dobę. Gorset stosowany jest po zajęciach szkolnych i podczas snu. W skoliozach o małym tempie progresji (poza okresami szybkiego rośnięcia) gorset stosuje się tylko w nocy, tj. około 8-12 godzin/dobę (G 30% - Night Time Rigid Bracing) (Kotwicki i wsp., 2009; Negrini i wsp., 2018). Noszenie gorsetu zaleca się, aż do osiągnięcia dojrzałości kostnej, tj. około 4 stopnia w teście Rissera.

Powodzenie leczenia gorsetowego zależy od wielu czynników, o których nie możemy zapomnieć podczas pracy z pacjentem. Należą do nich m.in.: prawidłowe wykonanie gorsetu, stosowanie się do zaleceń noszenia gorsetu, przestrzeganie okresowych kontroli radiologicznych jak i ambulatoryjnych oraz leczenie prowadzone przez multidyscyplinarny zespół (lekarz, fizjoterapeuta, technik ortotyku, psycholog) (Grivas i wsp., 2016; Negrini i wsp., 2018). Ostatni czynnik jest bardzo ważny dla efektów terapii, niestety w Polsce rzadko spotykany.

Leczenie gorsetowe powinno być uzupełnione jedną ze specyficznych dla skolioz metod terapeutycznych. W piśmiennictwie opinie na temat przydatności fizjoterapii w leczeniu AIS są rozbieżne. Z jednej strony można odnaleźć prace, które wskazują na zasadność jej stosowania, z drugiej natomiast, istnieją prace które negują efektywność fizjoterapii (Czaprowski i wsp., 2014). W roku 2011 został uaktualniony przegląd metod fizjoterapeutycznych stosowanych w leczeniu AIS, zweryfikowany zgodnie z zasadami Medycyny Opartej na Dowodach Naukowych (ang. Evidence Based Medicine, EBM) (Fusco i wsp., 2011).

Konsensus Towarzystwa SOSORT, dotyczący wytycznych w zakresie leczenia zachowawczego AIS, akcentuje jak ważną rolę spełnia specyficzna fizjoterapia. Do metod które spełniają kryteria specyficznej fizjoterapii PSSE (ang. Physiotherapy Scoliosis Specific Exercises) należą: (1) ISST Schroth (ang. International Schroth 3D Scoliosis Therapy by Katharina Schroth Asklepios), (2) BSPTS (ang. Barcelona Scoliosis Physical Therapy School by Rigo), (3) The Lyon approach, (4) SEAS (ang. Scientific Exercise Approach to Scoliosis), (5) The Side Shift approach, (6) DoboMed, (7) FITS (Funkcjonalna Indywidualna Terapia Skolioz) (Berdishevsky i wsp., 2016). Należałoby podkreślić, że dwie z nich (DoboMed oraz FITS) są metodami, które powstały w Polsce.

Wszystkie metody zaliczane do Metod Specyficznych poparte są dowodami naukowymi potwierdzającymi ich skuteczność i pozytywny wpływ na leczenie dzieci ze skoliozą idiopatyczną (ang. Evidence Base Medicine, Evidence Base Physiotherapy). Powyższe metody zawierają cechy metod należących do PSSE, tj.: 1) Indywidualny dobór terapii - uwzględniając potrzeby chorego, wzorzec skoliozy, fazy leczenia 2) Trójplaszczynową autokorekcję deformacji ze szczególnym uwzględnieniem odzyskiwania właściwych krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej 3) Trening w czynnościach dnia codziennego (ang. Activities of Daily Living, ADL) 4) Stabilizację skorygowanej postawy ciała 5) Edukację chorego i jego rodziców (Berdishevsky i wsp., 2016; Białek, 2011; Czaprowski i wsp., 2014; Negrini i wsp., 2018). Ćwiczenia są tak dobierane by zapobiec skutkom ubocznym noszenia gorsetu takim jak sztywność rdzenia czy utrata wytrzymałości i siły mięśniowej. Dodatkowo ćwiczenia poprawiają skuteczność działania gorsetu jak również zmniejszają utratę korekcji po zakończeniu stosowania gorsetu (Negrini i wsp., 2005; Zaina i wsp., 2009).

I 7. Stabilność postawy ciała osób ze skoliozą idiopatyczną

Stabilna postawa ciała jest fundamentem wszystkich czynności dnia codziennego (Kuczyński i wsp., 2011). Sprawność systemu kontroli postawy zależy od precyzyjnej współpracy trzech systemów: układów sensorycznych, centralnej integracji i motorycznej odpowiedzi. W kilku pracach wykazano, że dzieci chorujące na skoliozę charakteryzują się gorszą równowagą ciała w stosunku do zdrowych rówieśników (Gauchard i współ., 2001; Wiernicka i wsp., 2019). Inne prace ujawniły defekty w układach sensorycznych głównie westybularnym i somatosensorycznym, nieprawidłowości w strukturach pnia mózgu odpowiedzialnych za kontrolę równowagi oraz dysproporcje w tonusie mięśni posturalnych (Hawasli i wsp., 2015; Ostrowska i wsp., 2006). W sytuacjach wymagających zwiększonego, precyzyjnego napięcia mięśni, wykazują większe problemy z zachowaniem stabilnej postawy ciała (Haumont i wsp., 2011). Przyczyn tych nieprawidłowości niektórzy autorzy upatrują w zaburzonej propriocepcji oraz zmianach w obrębie pnia mózgu (asymetria z moście brzuszny i rdzeniu przedłużonym) i mózdzku (Byl i wsp., 1997). Zaburzenia percepcji czucia u chorych z AIS w różnych obszarach ciała tłumaczone są

zmianami patologicznymi w obrębie włókien czuciowych korzeni grzbietowych na poziomach piersiowym i lędźwiowym (Hubert i wsp., 2014).

Leczenie skoliozy idiopatycznej jest nadal objawowe. Poszukując skutecznej metody terapii specjaliści kładą nacisk by sterując mechanizmami kompensacyjnymi, ukierunkowanymi na korekcję postawy, nie zaburzać innych. Doniesienia wielu autorów na temat równowagi ciała osób z AIS poddanych leczeniu zachowawczemu są sprzeczne. Z jednej strony zauważa się, że czynniki zewnętrzne działające na postawę ciała mogą zmieniać stereotyp kontroli postawy i mieć negatywny wpływ na mechanizm utrzymania równowagi w pozycji stojącej (Chow i wsp., 2006), czego przykładem są gorsety, stosowane jako jedna z metod w leczeniu zachowawczym skoliozy idiopatycznej (d'Amato i wsp., 2001; Katz i wsp., 2001). Z drugiej strony dowiedziono, że gorset poprawia stabilność w pozycji siedzącej, głównie u osób ze skoliozą w odcinku lędźwiowym kręgosłupa (Smith i Emans, 1992). Autorzy dotychczasowych prac skupili się jedynie na samym porównaniu równowagi ciała osób z AIS w gorsecie i bez niego, ewentualnie porównaniu osób z AIS z grupą kontrolną (Chow i wsp., 2007).

W literaturze przedmiotu brakuje badań długofalowych, a jeżeli występują to ich wyniki są niejednoznaczne i często przeciwstawne. Khanali i wsp. wykazali, że kilkumiesięczne noszenie gorsetu nie poprawiło równowagi osób z AIS (Khanali i wsp., 2015). W ocenie równowagi dziewcząt z AIS zaopatrzonych w gorset typu Boston, przy 4 miesięcznej obserwacji nie odnotowano żadnej różnicy w przemieszczeniach środka nacisku stóp na podłoże (COP) i obszarach kołysania (wielkości wychwiał) w gorsecie i bez niego. Udokumentowano jedynie zwiększoną sztywność w kierunku przednio-tylnym (anterior-posterior AP) i zmniejszoną kontrolę postawy w płaszczyźnie czołowej (medial-lateral ML) (Sadeghi i wsp., 2008). Natomiast Paolucci i wsp. oraz Gur i wsp. udowodnili, że zwiększona niestabilność postawy osób ze skoliozą idiopatyczną dzięki noszeniu gorsetu ulega poprawie (Gur i wsp., 2015; Paolucci i wsp., 2013).

Wiele zagadnień związanych z wpływem specyficznej fizjoterapii na równowagę posturalną osób z AIS nie jest do końca wyjaśnionych. Dlatego warto spróbować określić wpływ leczenia zachowawczego, specyficznej fizjoterapii, na jakość kontroli postawy osób z AIS.

II CEL PRACY

II 1. Cel główny

Celem rozprawy doktorskiej była ocena stabilności posturalnej dziewcząt z młodzieńczą skoliozą idiopatyczną leczonych zachowawczo specyficzną fizjoterapią i gorsetem Chêneau.

II 2. Cele szczegółowe

- Publikacja pt.: Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: a pilot study.

Celem pracy była ocena kontroli posturalnej u dziewcząt z młodzieńczą skoliozą idiopatyczną podczas noszenia gorsetu Chêneau i wykonywania autokorekcji.

- Publikacja pt.: The Effects of Active Self-Correction on Postural Control in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Role of an Additional Mental Task.

Celem pracy było zbadanie wpływu efektu autokorekcji i dodatkowego zadania mentalnego na stabilność posturalną dziewcząt z młodzieńczą skoliozą idiopatyczną.

- Publikacja pt.: Correlation between clinical condition of scoliosis and perception of one's body image by girls with adolescent idiopathic scoliosis.

Celem pracy była ocena postrzegania obrazu własnego ciała przez dziewczęta z młodzieńczą skoliozą idiopatyczną oraz zbadanie relacji między samooceną wyglądu a parametrami radiologicznymi skrzywienia kręgosłupa, zaangażowaniem w aktywność fizyczną i występowaniem skoliozy u najbliższej rodziny.

III HIPOTOTEZY

1. Wykonanie autokorekcji nie powinno zakłócić stabilności postawy ciała dziewcząt z młodzieńczą skoliozą idiopatyczną.
2. Dodatkowe zadanie mentalne korzystnie wpłynie na stabilność postawy ciała dziewcząt z młodzieńczą skoliozą idiopatyczną.
3. Jednoczesne wykonanie autokorekcji i dodatkowego zadania mentalnego może negatywnie wpłynąć na stabilność postawy ciała dziewcząt z młodzieńczą skoliozą idiopatyczną.

IV MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

Na przeprowadzenie badania została wydana zgoda nr 35/2016 Senackiej Komisji Etyki Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu (załącznik nr 10).

IV 1. Osoby badane

- Publikacja pt.: Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: a pilot study.

Badaniami objęto 9 dziewcząt po pierwszej miesiączce z rozpoznaniem AIS w wieku 11-16 lat (wiek: $14 \pm 1,48$, masa ciała: $47,71 \pm 5,61$ kg, wysokość ciała: $161,5 \pm 8,81$ cm, kąt Cobba: $35,6 \pm 8,9^\circ$). Rekrutacja do badań odbyła się w przychodniach rehabilitacyjnych na terenie Wrocławia. Indywidualne cechy pacjenta, w tym szczegółowy opis skoliozy przedstawiono w Tabeli 2. Kryteria włączenia do grupy badanej były następujące: rozpoznanie AIS dokonane przez lekarza rehabilitacji bądź ortopedę na podstawie zdjęcia rentgenowskiego w projekcji przednio-tylnej, płeć żeńska, pacjent powinien być objęty leczeniem zachowawczym w postaci specyficznej fizjoterapii oraz leczeniem gorsetowym (gorset typu Chêneau wykonany przez ortotyka z Samodzielnego Publicznego Zakładu Zaopatrzenia Ortopedycznego w Poznaniu), zalecenie stosowania gorsetu min. 20godzin/dobę oraz pisemna zgoda rodzica bądź opiekuna prawnego na uczestnictwo dziecka w badaniu.

Kryteria wykluczenia obejmowały leczenie operacyjne skolioz, skoliozę pochodzenia nieidiopatycznego (choroby układu nerwowo-mięśniowego, patologii rdzenia kręgowego innych niż w przebiegu AIS, wady wrodzone w budowie kręgosłupa, skoliozy funkcjonalne).

Leczenie gorsetowe pacjentów wynosiło min. 2 miesiące ($3,56 \pm 1,42$ msc). Wszyscy pacjenci znali swoje ruchy autokorekcji ASC (ang. Active self-correction), które obejmowały korekcję w trzech płaszczyznach: strzałkowej, czołowej oraz poprzecznej.

Tabela 1.. Charakterystyka antropometryczna i radiologiczna badanych osób (n=9)

Nr.	Płeć	Wiek [lata]	Masa ciała [kg]	Wysokość ciała[cm]	Risser	AIS typ skrzywienia	Kąt Cobba[°]	Apex
1	Kobieta	14	45.6	163.5	3	Right thoracic/left lumbar	30/32	T8/L2
2	Kobieta	14	53.5	169	3.5	Right thoracic/left lumbar	28/40	T8/L2
3	Kobieta	12.5	52.2	163.5	3.5	Right thoracic/left lumbar	16/25	T7/L1
4	Kobieta	15	51.8	170.5	2	Right thoracic/left lumbar	18/35	T9/L3
5	Kobieta	15	53.1	171.5	3	Right thoracic/left lumbar	37/20	T8/L1
6	Kobieta	16	48.8	158	4	Right thoracic/left lumbar	32/30	T8/L1
7	Kobieta	14.5	40.8	153	1.5	Right thoracic/left lumbar	55/20	T7/L1
8	Kobieta	11	38	144.5	1	Right thoracic/left lumbar	26/20	T8/L1
9	Kobieta	14	45.6	160	3	Right thoracic/left lumbar	38/18	T9/L3

- Publikacja pt.: The Effects of Active Self-Correction on Postural Control in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Role of an Additional Mental Task.

W badaniu wzięło udział 24 dziewcząt po pierwszej miesiączce z rozpoznaniem AIS w wieku 11-15,5 lat. Rekrutacja do badań odbyła się w przychodniach rehabilitacyjnych na terenie Wrocławia. Charakterystyka kliniczna i radiologiczna pacjentów została umieszczona w Tabeli 3. Kryteria włączenia do grupy badanej były następujące: rozpoznanie AIS dokonane przez lekarza rehabilitacji bądź ortopedę na podstawie zdjęcia rentgenowskiego w projekcji przednio-tylnej, płeć żeńska, pacjent powinien być objęty leczeniem zachowawczym w postaci specyficznej fizjoterapii oraz pisemna zgoda rodzica bądź opiekuna prawnego na uczestnictwo dziecka w badaniu. Kryteria wykluczenia obejmowały leczenie operacyjne skolioz, skoliozę pochodzenia nieidiopatycznego (choroby układu nerwowo-mięśniowego, patologii rdzenia kręgowego innych niż w przebiegu AIS, wady wrodzone w budowie kręgow, skoliozy funkcjonalne).

Wszyscy pacjenci znali swoje ruchy ASC, które obejmowały korekcję w trzech płaszczyznach: strzałkowej, czołowej oraz poprzecznej. Usprawnianie PSSE trwało od 3- 5 miesięcy.

Tabela 2. Charakterystyka kliniczna i radiologiczna pacjentów (n=24)

	Średnia ± sd
Wiek [lata]	13,4 ± 1,6
Wysokość ciała [cm]	159,5 ± 10,1
Masa ciała [kg]	50,8 ± 7,8
AIS typ skrzywienia	75% R thoracic/L lumbar 25% L thoracolumbar
Kąt Cobb (główne skrzywienie) [°]	24,5 ± 7,5
Risser	2,8 ± 0,8
Płeć	kobieta 100%

- Publikacja pt.: Correlation between clinical condition of scoliosis and perception of one's body image by girls with adolescent idiopathic scoliosis.

Badaniami objęto 26 dziewcząt w wieku 10-17 lat z rozpoznaniem młodzieńczej skoliozy idiopatycznej. Rekrutacja do badań odbyła się w przychodniach rehabilitacyjnych na terenie Wrocławia. Charakterystyka kliniczna i radiologiczna pacjentów została umieszczona w Tabeli 1. Kryteria włączenia do grupy badanej były następujące: rozpoznanie AIS dokonane przez lekarza rehabilitacji bądź ortopedę na podstawie zdjęcia rentgenowskiego w projekcji przednio-tylnej, płeć żeńska, pacjent powinien być objęty leczeniem zachowawczym w postaci specyficznej fizjoterapii / leczeniem gorsetowym oraz pisemna zgoda rodzica bądź opiekuna prawnego na uczestnictwo dziecka w badaniu. Kryteria wykluczenia obejmowały leczenie operacyjne skolioz, skoliozę pochodzenia nieidiopatycznego (choroby układu nerwowo-mięśniowego, patologii rdzenia kręgowego innych niż w przebiegu AIS, wady wrodzone w budowie kręgow, skoliozy funkcjonalne).

Tabela 3. Charakterystyka kliniczna i radiologiczna pacjentów (n=26)

	Średnia ± sd
Wiek (lata)	13,5 ± 2,3
Wysokość ciała (cm)	156,9 ± 11,7
Masa ciała (kg)	47 ± 7,5
Kąt Cobb (°)	27,3 ± 11
Płeć	100 % kobieta

IV 2. Metody badawcze

- Publikacja pt.: Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: a pilot study.

Wszystkie procedury wykonano w warunkach laboratoryjnych. Do oceny stabilności posturalnej użyta została platforma sił Kistlera (Kistler 9281CA). Rejestrowanie przemieszczeń COP odbywało się z częstotliwością 100Hz, przez 20 sek.

Program badań dla każdego pacjenta obejmował 3 próby: 1) QST: pozycja naturalna z ramionami rozluźnionymi po bokach, stojąc na obu kończynach dolnych; 2) ASC: czynne skorygowanie zniekształcenia –autokorekcja- po uprzedniej komendzie „skoryguj się”, stojąc na obu kończynach dolnych; 3) BRA- korekcja bierna poprzez gorset Chêneau, stojąc na obu kończynach dolnych. Wszystkie próby zostały przeprowadzane na bosą z kontrolą i bez kontroli wzroku (oczy otwarte i oczy zamknięte). Kolejność zadań była losowa.

Przed przyjęciem postawy stojącej na platformie pozycja stóp została oznaczona w celu zapewnienia powtarzalności ich ustawienia w kolejnych próbach. Badanie rozpoczęło się po wcześniejszym wyrażeniu gotowości przez pacjenta, a czas przerwy pomiędzy każdą próbą wynosił jedną minutę.

Analizie zostały poddane następujące parametry amplitudowe COP tj.: zmienność [mm], zakres [mm], średnia prędkość [mm/s], częstotliwość [Hz] oraz entropia i wymiar fraktalny. Miary wyniku COP były określone osobno dla kierunku przyśrodkowo-bocznego (ML) i przednio-tylnego (AP).

- Publikacja pt.: The Effects of Active Self-Correction on Postural Control in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Role of an Additional Mental Task.

Wszystkie procedury wykonano w warunkach laboratoryjnych. Do oceny stabilności posturalnej użyta została platforma sił Kistlera (Kistler 9281CA). Rejestrowanie przemieszczeń COP odbywało się z częstotliwością 100Hz, przez 20 sek.

Program badań dla każdego pacjenta obejmował 4 próby w pozycji stojącej, na piankowej podkładce (grubości 5cm) umieszczonej na platformie, 1) QST: pozycja naturalna

z ramionami rozluźnionymi po bokach, stojąc na obu kończynach dolnych; 2) ASC: autokorekcja - po uprzedniej komendzie „skoryguj się”, stojąc na obu kończynach dolnych; 3) QST + MT: QST wraz z testem Stroopa jako dodatkowe zadanie mentalne; oraz 4) ASC + MT: podwójne zadanie: wykonanie ASC wraz z testem Stroopa jako dodatkowe zadanie mentalne. Kolejność zadań była losowa.

Przed przyjęciem postawy stojącej na platformie pozycja stóp została oznaczona w celu zapewnienia powtarzalności ich ustawienia w kolejnych próbach. Uczestnicy mieli skupić wzrok na ekranie komputera na wysokości oczu w odległości 1,5 m. Test Stroopa był rzutowany na ekran w postaci kolorowych słów, których kolor różnił się od tego, co czytają (np. słowo „czerwony” było wyświetlane zielonym atramentem). Podczas tego zadania uczestnicy musieli wymienić nazwę koloru tuszu zamiast czytania słowa (Scarpina i Tagini, 2017). Badanie rozpoczęło się po wcześniejszym wyrażeniu gotowości przez pacjenta, a czas przerwy pomiędzy każdą próbą wynosił jedną minutę.

Analizie zostały poddane następujące parametry amplitudowe COP tj.: zmienność [mm], zakres [mm], średnia prędkość [mm/s], częstotliwość [Hz] oraz entropia, wymiar fraktalny i entropia przyrostowa. Miary wyniku COP były określone osobno dla kierunku przyśrodkowo-bocznego (ML) i przednio-tylnego (AP).

- Publikacja pt.: Correlation between clinical condition of scoliosis and perception of one's body image by girls with adolescent idiopathic scoliosis.

Do oceny percepcji deformacji tułowia wykorzystano kwestionariusz TAPS (ang. Trunk Appearance Perception Scale). TAPS ocenia postawę ciała wykorzystując trzy ryciny przedstawiające sylwetkę z przodu, z tyłu oraz w skłonie (test Adamsa). Minimalna liczba punktów wynosi 1 i oznacza największą deformację, a maksymalna wynosi 5 i oznacza najmniejszą deformację. Średni wynik uzyskuje się sumując wyniki dla trzech rysunków i dzieląc całość przez 3 (Bango i wsp., 2010).

Kwestionariusze były podawane w formie papierowej oraz wypełniane przez samych pacjentów, bez żadnej pomocy lekarza prowadzącego lub rodziców pacjentów. Dodatkowo pacjentów pytano o udział w pozaszkolnych aktywnościach fizycznych (tak / nie)

i występowanie skoliozy w rodzinie (rodzice, rodzeństwo - tak / nie). Rodzice/ opiekunowie prawni zweryfikowali i potwierdzili informacje o występowaniu skoliozy w rodzinie.

IV 3. Metody statystyczne

- Publikacja pt.: Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: a pilot study.

Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą programu Statistica 12. Dane spełniały kryteria rozkładu normalnego dla wszystkich miar COP. Do oceny efektów głównych i interakcji wzorku (oczy otwarte i oczy zamknięte) i postawy (QST, ASC, BRA) została zastosowana analiza wariancji ANOVA w układzie (2 x 3), przeprowadzona osobno dla płaszczyzn ML i AP. Aby ocenić różnice między grupami zastosowano test NIR. Istotność statystyczną oznaczono na poziomie $p < 0,05$. Wielkość efektu (ang. Effect size) obliczono w celu określenia wpływu ASC i BRA na kontrolę postawy w porównaniu z QST. Wielkość efektu 0,3 to niewielki efekt; 0,5 to efekt umiarkowany, a 0,8 to silny efekt.

- Publikacja pt.: The Effects of Active Self-Correction on Postural Control in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Role of an Additional Mental Task.

Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą programu Statistica 12. Dane spełniały kryteria rozkładu normalnego dla wszystkich miar COP. Aby ocenić efekty główne i interakcje czterech prób (QST, ASC, QST + MT i ASC + MT) i dwóch płaszczyzn (ML i AP) została zastosowana analiza wariancji ANOVA. Wybrane porównania par zostały zbadane przy użyciu testu Tukeya. Istotność statystyczną oznaczono na poziomie $p < 0,05$.

- Publikacja pt.: Correlation between clinical condition of scoliosis and perception of one's body image by girls with adolescent idiopathic scoliosis.

Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą programu Statistica 10. Wyniki przedstawiono przy użyciu statystyk opisowych – średniej oraz odchylenia standardowego. Relacje między oceną postrzegania własnego ciała (TAPS), a miarami radiologicznymi stopnia deformacji tułowia (kąt Cobba) oceniano przy użyciu korelacji Spearmana.. Korelację Spearmana zastosowano również do oceny związku między wiekiem a TAPS, natomiast związek między wiekiem a wielkością skrzywienia oceniano korelacją Pearsona. Nieparametryczny test chi kwadrat został użyty do porównania średnich wyników TAPS u osób uczestniczących i nieuczestniczących w dodatkowej aktywności pozaszkolnej oraz dla porównania średnich wyników osób posiadających i nieposiadających w najbliższej rodzinie przypadków skolioz. Istotność statystyczną oznaczono na poziomie $p=0,05$.

V OMÓWIENIE CYKLU PUBLIKACJI

W piśmiennictwie brakuje doniesień nt. efektu stosowania specyficznej dla skolioz fizjoterapii w połączeniu z leczeniem gorsetowym na stabilność posturalną. Dotychczas większość badań skupiło się jedynie na efektach biernej korekcji, zapominając jak ważnym elementem jest autokorekcja, której wynikiem jest kontrola skorygowanej postawy ciała podczas dnia codziennego. Włoski instytut kręgosłupowy Istituto Scientifico Italiano Colonna Vertebrale (ISICO) pod kierownictwem prof. Stefano Negriniego, gdzie opracowano metodę SEAS (Scientific Exercise Approach to Scoliosis) poszukuje neuroruchowych mechanizmów korygowania postawy ciała, a następnie kształtowania umiejętności jej utrzymania podczas codziennych czynności życiowych. We włoskim instytucie wykazano pozytywny wpływ stosowanie ćwiczeń metodą SEAS na uniknięcia utraty korekcji po zaprzestaniu stosowania gorsetu (Zaina i wsp., 2009).

Jednym z głównych celów prowadzonej terapii jest nauka trójplaszczynowej autokorekcji. Świadoma kontrola postawy prowadzi do wyrobienia automatyzmu autokorekcji, doprowadzając do stabilizacji skorygowanej postawy. Osoby z młodzieńczą skoliozą idiopatyczną leczone gorsetem doświadczają w codziennym życiu istotnych ograniczeń podczas wykonywania podstawowych czynności dnia codziennego. Usztywnienie postawy poprzez stosowanie gorsetu Chêneau może mieć wpływ na zmianę propriocepcji mięśniowo-stawowej, a tym samym na stabilności postawy ciała. Osoby z zaburzeniami motorycznymi oraz osoby, u których utrudnione jest stanie swobodne charakteryzują się wzrostem wartości wszystkich posturograficznych miar kontroli postawy (Kuczyński, 2000).

W prezentowanej pracy: **Piątek Elżbieta**, Kuczyński Michał, Ostrowska Bożena. Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: a pilot study. *PeerJ*, 2019, 7: e7513. – dotyczy oceny stabilności posturalnej podczas autokorekcji i stosowania gorsetu Chêneau. Celem tego badania pilotażowego było porównanie stabilności posturalnej dziewcząt z AIS podczas noszenia gorsetu Chêneau lub wykonywania autokorekcji do stania swobodnego. Została postawiona hipoteza o lepszej skuteczności autokorekcji w wspieraniu stabilności posturalnej.

Przewidywana lepsza stabilność podczas autokorekcji została potwierdzona poprzez wzrost złożoności i częstotliwości COP w płaszczyźnie czołowej w porównaniu ze stanem swobodnym. Przyczyny można upatrywać się w korzystniejszej funkcji eksploracyjnej podczas wykonywania autokorekcji w porównaniu do ograniczeń narzucanych przez gorset. Takie zmiany w częstotliwości i złożoności COP świadczą o lepszej adaptacyjności pacjentów do zmieniających się warunków. Tą widoczną poprawę osiągnięto kosztem niższego poziomu automatyzmu, tj. angażując więcej uwagi w stabilizację ciała, co uwidoczniło się w znacznym spadku entropii w płaszczyźnie strzałkowej. Podczas autokorekcji zaobserwowano znaczące (ok 25mm) przesunięcie do tyłu średniej pozycji COP, która może wskazywać na odpowiednie dostosowanie stabilności posturalnej.

Z obserwacji własnych, jako praktyka zajmującego się fizjoterapią skolioz idiopatycznych, podzielam pogląd, że nauczenie pacjenta autokorekcji jest jednym z najważniejszych elementów programu rehabilitacji. Pacjenci z AIS powinni wykonywać autokorekcję podczas wszystkich czynności dnia codziennego (ADL) (ang. activities of daily living) (Fusco i wsp., 2011; Negrini i wsp., 2018; Weiss i wsp., 2006). Utrzymanie autokorekcji jest trudne dla pacjenta i może zakłócać stabilność postawy. Analiza piśmiennictwa wskazuje, że utrzymanie odpowiednio skorygowanej postawy podczas ADL jest kluczowe i decyduje o skuteczności leczenia zachowawczego skolioz idiopatycznych (Weiss i wsp., 2006). W związku z tym postanowiłam przeprowadzić szczegółowe badanie z wykorzystaniem autokorekcji, które przedstawiono w kolejnej publikacji: **Piątek Elżbieta**, Kuczyński Michał, Ostrowska Bożena. The Effects of Active Self-Correction on Postural Control in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Role of an Additional Mental Task. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17.5: 1640. Celem tego badania było określenie wpływu trzech dodatkowych zadań na stabilność postawy ciała pacjentów z AIS: 1) wykonując autokorekcję, 2) wykonując dodatkowe zadanie mentalne, 3) wykonanie obu tych zadań jednocześnie. W pracy postawiono hipotezę o korzystnym wpływie zadania mentalnego oraz wyuczonych ruchów autokorekcji na stabilność postawy.

Analizując wyniki tego badania można podejrzewać, że stabilność postawy ciała dziewcząt z AIS nie jest podatna na niekorzystną ingerencję zadania mentalnego. Pacjentki

wykazały dobrą adaptację do dobrze znanych ruchów autokorekcji, która nie miała wpływu na utrzymanie stabilnej postawy. Zadanie mentalne spowodowało zmniejszenie zmienności i prędkości COP. Kiedy oba zadania były wykonywane równocześnie (przypominając zachowanie autokorekcji podczas ADL) utrzymanie stabilnej postawy w tych utrudnionych warunkach było wymagające.

W ostatnich latach podejście do leczenia pacjentów z AIS uległo modyfikacji. W ocenie efektów terapeutycznych, niezależnie czy jest to leczenie zachowawcze czy operacyjne prócz osiągnięcia poprawy radiologicznej figuruje poprawa estetyki i ocena percepcji tułowia. Zadowolenie pacjentów z rezultatów kosmetycznych, wynikających z poprawy wizerunku i postrzegania własnego ciała stało się jednym z celów leczenia skolioz idiopatycznych. W ocenie estetyki ważne jest postrzeganie deformacji przez samego pacjenta oraz weryfikacja czy odpowiada ono stanowi radiologicznemu i klinicznemu (Czaprowski, 2018). Wyzwaniem dzisiejszej rehabilitacji pacjentów z AIS jest umiejętne połączenie aspektów psychospołecznych, klinicznych, oraz radiologicznych klinicznych w planowaniu terapii i osiągnięciu późniejszego sukcesu.

W publikacji: **Piątek Elżbieta**, Zawadzka Dominika, Ostrowska Bożena. Correlation between clinical condition of scoliosis and perception of one's body image by girls with adolescent idiopathic scoliosis. *Physiotherapy Quarterly*, 2018, 26(3):34-38., ze względu na powyższe fakty, uznano za zasadne zbadanie tego problemu. Celem pracy była ocena związku między postrzeganiem obrazu ciała przez pacjentów z AIS, a parametrami radiologicznymi skoliozy, udziałem w pozaszkolnych aktywnościach fizycznych i występowaniem skoliozy w rodzinie pacjenta.

Wyniki badań wykazały, że wystąpiła statystycznie istotna, ujemna korelacja między wynikami uzyskanymi w skali TAPS, a kątem Cobba w grupie osób z AIS ($r = -0,7$). Wielkość skrzywienia ujemnie wpływała na postrzeganie obrazu ciała, niższe wartości TAPS (oznaczające większą deformację) odpowiadały większym kątom Cobba. Nie stwierdzono istotnej korelacji między wynikami TAPS, a pozaszkolną aktywnością fizyczną i występowaniem skoliozy w rodzinie pacjenta.

Otrzymane wyniki badań potwierdzają niebagatelną rolę monitorowania zmian samooceny postrzegania obrazu własnego ciała oraz samej świadomości zmian w swoich

sylwetkach przez pacjentów w ocenie efektywności leczenia zachowawczego chorych z AIS.

VI WNIOSKI

Omówiona rozprawa dotyczy ważnego problemu, który odnosi się do rehabilitacji osób ze skoliozą idiopatyczną. Podsumowując wyniki badań własnych przedstawionych w monotematycznym cyklu publikacyjnym, stwierdzono, że:

- 1) Podczas wykonywania autokorekcji zaobserwowano zmiany w parametrach równowagi, które świadczą o lepszej adaptacji pacjentów do nowych warunków oraz posiadaniu odpowiednich zasobów strategii posturalnych w płaszczyźnie czołowej. Podczas autokorekcji zaobserwowano znaczące (ok 25mm) przesunięcie do tyłu średniej pozycji COP. Noszenie gorsetu może mieć niepożądany wpływ na niektóre aspekty równowagi ciała.
- 2) Wykonywanie ASC nie zakłóca stabilności posturalnej dziewcząt z AIS. Efekty dodatkowego zadania mentalnego, uzyskane w obrazie parametrów równowagi, wskazują na zdolność pacjentów z AIS do zwiększenia poziomu automatyzmu w procesie utrzymania równowagi. Jednak wykonywanie jednocześnie autokorekcji i dodatkowego zadania mentalnego wykazywało przejawy destabilizacji postawy.
- 3) Subiektywne postrzeganie własnego ciała przez dziewczęta z AIS było zbieżne z obrazem radiologicznym. Pacjenci dostrzegali zmiany w postawie spowodowane skoliozą i byli świadomi występujących deformacji w obrębie tułowia.

VII PIŚMIENNICTWO

1. Ammar H. Hawasli, M.D., Ph.D, Timothy E. Hullar, M.D, and Ian G. Dorward, M.D, Idiopathic Scoliosis and the Vestibular System. *Eur Spine J* 2015, 24(2):227-33.
2. Bago, J., Sanchez-Raya, J., Perez-Grueso, F.J., Climent, J.M. The Trunk Appearance Perception Scale (TAPS): a new tool to evaluate subjective impression of trunk deformity in patients with idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2010;5:6;
3. Berdishevsky, H., et al. Physiotherapy scoliosis-specific exercises—a comprehensive review of seven major schools. *Scoliosis and spinal disorders* 2016, 11.1: 20.
4. Białek, M. Conservative treatment of idiopathic scoliosis according to FITS concept: presentation of the method and preliminary, short term radiological and clinical results based on SOSORT and SRS criteria. *Scoliosis* 2011,6(1): 1-19.
5. Brink, R.C., et al. Anterior spinal overgrowth is the result of the scoliotic mechanism and is located in the disc. *Spine*, 2017, 42.11: 818-822.
6. Burwell, RG., Dangerfield, PH., Freeman, BJC. Concepts on the pathogenesis of Adolescent Idiopathic Scoliosis. Bone growth and mass, vertebral column, spinal cord, brain, skull, extra-spinal left-right skeletal length asymmetries, disproportions and molecular pathogenesis. *Stud Health Technol Inform* 2008;135:3-52.
7. Byl, N. N., Holland, S., Jurek, A., & Hu, S. S. Postural imbalance and vibratory sensitivity in patients with idiopathic scoliosis: implications for treatment. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1997, 26(2): 60-68.
8. Choudhry, M.N, Zafar, A., Rajat, V. Adolescent Idiopathic Scoliosis. *The Open Orthopaedics Journal* 2016: 143.
9. Chow, D. H., Kwok, M. L., Cheng, J. C., Lao, M. L., Holmes, A. D., Au-Yang, A., ... & Wong, M. S. The effect of backpack weight on the standing posture and balance of schoolgirls with adolescent idiopathic scoliosis and normal controls. *Gait & posture* 2006 , 24(2): 173-181.
10. Chow, D. H., Leung, D. S., & Holmes, A. D. The effects of load carriage and bracing on the balance of schoolgirls with adolescent idiopathic scoliosis. *European Spine Journal* 2007, 16(9): 351-1358.

11. Czaprowski, D. Samoocena estetyki tułowia u dzieci i młodzieży ze skoliozą idiopatyczną leczonych zachowawczo Self-evaluation of Trunk Aesthetics in Conservatively Treated Children and Adolescents with Idiopathic Scoliosis. 2018.
12. Czaprowski, D., Kotwicki, T., Durmała, J., & Stoliński, Ł. Physiotherapy in the treatment of idiopathic scoliosis-current recommendations based on the recommendations of SOSORT 2011 (Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment). *Advances in Rehabilitation* 2014, 28(1): 23-29.
13. d'Amato, C.R., Griggs, S., & McCoy, B. Nighttime bracing with the Providence brace in adolescent girls with idiopathic scoliosis. *Spine* 2001, 26(18): 2006-2012.
14. de Gauzy, J. S., Accadbled, F. Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Surgery of the Spine and Spinal Cord*. Springer International Publishing, 2016: pp.313-332.
15. Fortin, C., Grunstein, E., Labelle, H., Parent, S., Feldman, D. E.. Trunk imbalance in adolescent idiopathic scoliosis. *The Spine Journal*, 2016, 16.6: 687-693.
16. Fusco, C., Zaina, F., Atanasio, S., Romano, M., Negrini, A., Negrini, S. Physical exercises in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: An updated systematic review. *Physiotherapy Theory and Practice* 2011, 27 (1): 80-114. 10.3109/09593985.2010.533342.
17. Gauchard, G.C., Lascombes, P., Kuhnast, M., & Perrin, P.P. Influence of different types of progressive idiopathic scoliosis on static and dynamic postural control. *Spine* 2001; 26(9): 1052-1058.
18. Grivas, T., Mauroy, J., Wood, G., et al.: Brace classification study group (BCSG): part one – definitions and atlas. *Scoliosis and Spinal Disorders* 2016; 11: 43.
19. Guo, X., Chau, W. W., Chan, Y. L., Cheng, J. C. Y., Burwell, R. G., Dangerfield, P. H. Relative anterior spinal overgrowth in adolescent idiopathic scoliosis—result of disproportionate endochondral-membranous bone growth?. *European Spine Journal*, 2005, 14.9: 862-873.
20. Gur, G., Dilek, B., Ayhan, C., Simsek, E., Aras, O., Aksoy, S., & Yakut, Y. Effect of a spinal brace on postural control in different sensory conditions in adolescent idiopathic scoliosis: A preliminary analysis. *Gait & posture* 2015, 41(1): 93-99.
21. Haumont, T., Gauchard, G. C., Lascombes, P., & Perrin, P. P. Postural instability in early-stage idiopathic scoliosis in adolescent girls. *Spine*, 2011, 36.13: E847-E854.

22. Hawasli, A. H., Hullar, T. E., Dorward, I. G. Idiopathic scoliosis and the vestibular system. *European Spine Journal* 2015; 24(2): 227-233.
23. Huber, J., Szulc, A., Rogala, P., Głowacki, M., Szymankiewicz-Szukała, A., Kulczyk, A., ... & Szymankiewicz-Szukała, A. Disturbances of perception in patients treated operatively because of idiopathic scoliosis. *Issue Rehabil. Orthop. Neurophysiol. Sport Promot* 2014, 6: 29-37.
24. Karimi, M.T., Kavyani, M., & Kamali, M. Balance and gait performance of scoliotic subjects: A review of the literature. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation* 2015, (Preprint):1-13.
25. Katz, D.E., Durrani, A. Factors that influence outcome in bracing large curves in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 2001; 26:2354–61.
26. Khanal, M., Arazpour, M., Bahramizadeh, M., Samadian, M., Hutchins, S.W., Kashani, R.V., ... & Sadeghi, H. The influence of thermoplastic thoraco lumbo sacral orthoses on standing balance in subjects with idiopathic scoliosis. *Prosthetics and orthotics international* 2015, 0309364615589466.
27. Kotwicki, T., Durmala, J., Czaprowski, D., et al. Conservative management of idiopathic scoliosis - guidelines based on SOSORT 2006 Consensus. *Ortop Traumatol Rehabil* 2009;11(5): 379-95.
28. Kuczyński, M. Regulacja pozycji pionowej człowieka: od metod oceny do mechanizmów. *Człowiek i ruch* 2000, 40(2).
29. Kuczyński, M., Szymańska, M., & Bieć, E. Dual-task effect on postural control in high-level competitive dancers. *Journal of sports sciences* 2011, 29(5): 539-545.
30. Lewczuk, E., Białoszewski, D. Poziom aktywności fizycznej chorych na osteoporozę a upadki i ich profilaktyka. *Ortoped Traumatol Rehabil* 2006. 4; 412-421.
31. Li, W., Li, Y., Zhang, L., Guo, H., Tian, D., Li, Y., ... & Lan, X. AKAP2 identified as a novel gene mutated in a Chinese family with adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Medical Genetics* 2016, 53(7): 488-493.
32. Negrini, S., Aulisa, A.G., Aulisa, L., et al. 2011 SOSORT guidelines: Orthopaedic and Rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis* 2012; 7:3.

33. Negrini, S., Aulisa, L., Ferraro, C., Frascini, P., Masiero, S., Simonazzi, P., Tedeschi, C., Venturin, A. Italian guidelines on rehabilitation treatment of adolescents with scoliosis or other spinal deformities. *Eura Medicophys* 2005. 41 (2): 183-201.
34. Negrini, S., et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and spinal disorders* 2018, 13.1: 3.
35. Negrini, S., et al. Braces for idiopathic scoliosis in adolescents. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2015, 6.
36. Ostrowska, B., Rozek-Piechura, K., Skolimowski, T. Odzyskiwanie dynamicznej równowagi po zewnętrznych zaburzeniach postawy u dzieci z idiopatyczną skoliozą. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2006; 3: 300-307.
37. Paolucci, T., Morone, G., Di Cesare, A., Grasso, M. R., Fusco, A., Paolucci, S., ... & Iosa, M. Effect of Chêneau brace on postural balance in adolescent idiopathic scoliosis: a pilot study. *Eur J Phys Rehabil Med* 2013, 49(5): 649-657.
38. Parent, S., Newton, P.O., Wenger, D.R. Adolescent idiopathic scoliosis: etiology, anatomy, natural history, and bracing. *Instr Course Lect* 2005;54:529-36.
39. Pasquini, G., Cecchi, F., Bini C., Molino-Lova, R., Vannetti, F., Castagnoli, C., ... & Ceppatelli, S. The outcome of modified version of the Cheneau brace in Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) based on SRS and SOSORT criteria: a retrospective study. *European journal of physical and rehabilitation medicine* 2016: 618-629
40. Sadeghi, H., Allard, P., Barbier, F., et al. Bracing has no effect on standing balance in females with adolescent idiopathic scoliosis. *Med Sci Monitor: Int Med J Exp Clin Res* 2008;14: 293–298.
41. Scarpina, F., Tagini, S. The stroop color and word test. *Front. Psychol.* 2017, 8, 557.
42. Smith R, Emans J. Sitting balance in spinal deformity. *Spine* 1992; 17:1103–9.
43. Trobisch, P., Suess, O., Schwab, F. Idiopathic scoliosis. *Dtsch Arztebl Int* 2010; 107: 875-83.

44. Vergari, C., Karam, M., Pietton, R., Vialle, R., Ghanem, I., Skalli, W., & Assi, A. Spine slenderness and wedging in adolescent idiopathic scoliosis and in asymptomatic population: an observational retrospective study. *European Spine Journal*, 2020, 1-11.
45. Wajchenberg, M., Astur, N., Kanas, M., Martins, D. E. Adolescent idiopathic scoliosis: current concepts on neurological and muscular etiologies. *Scoliosis and spinal disorders*, 2016, 11.1: 4.
46. Weiss, H.R., Hollaender, M., Klein, R. ADL based scoliosis rehabilitation--the key to an improvement of time-efficiency? *Stud. Health Technol. Inform.* 2006, 123, 594.
47. Wiernicka, M., Kotwicki, T., Kamińska, E., Łochyński, D., Kozinoga, M., Lewandowski, J., & Kocur, P.. Postural Stability in Adolescent Girls with Progressive Idiopathic Scoliosis. *BioMed Research International*, 2019, 2019.
48. Zaina, F., Negrini, S., Atanasio, S., Fusco, C., Romano M., & Negrini A.. Specific exercises performed in the period of brace weaning can avoid loss of correction in Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) patients: Winner of SOSR's 2008 Award for Best Clinical Paper. *Scoliosis* 2009, 4(1): 8

STRESZCZENIE

STABILNOŚĆ POSTAWY CIAŁA DZIEWCZĄT Z MŁODZIEŃCZĄ SKOLIOZĄ IDIOPATYCZNĄ W CZASIE STOSOWANIA SPECYFICZNEJ FIZJOTERAPII I GORSETU CHÊNEAU

Słowa kluczowe: młodzieńcza skolioza idiopatyczna, autokorekcja, gorset Chêneau, stabilność posturalna, obraz ciała

Wstęp. Młodzieńczej skoliozie idiopatycznej mogą towarzyszyć deficyty równowagi. Tę zależność należy uwzględnić stosując fizjoterapię i leczenie gorsetowe.

Cel główny. Celem pracy była ocena stabilności posturalnej dziewcząt z młodzieńczą skoliozą idiopatyczną leczonych zachowawczo specyficzną fizjoterapią i gorsetem Chêneau.

Material i metody badawcze. Badaniami objęto 50 dziewcząt z rozpoznaniem młodzieńczej skoliozy idiopatycznej w wieku 10-17 lat. Wszystkie pacjentki były objęte leczeniem zachowawczym w postaci specyficznego fizjoterapii (PSSE). Do oceny stabilności posturalnej użyto platformę sił Kistler, rejestrującą wypadkową siłę reakcji podłoża (COP). Pomiar równowagi przeprowadzono podczas dwóch sesji badań: 1) stanie na twardym podłożu z oczami otwartymi i zamkniętymi w warunkach: swobodnej postawy (QST), w gorsecie ortopedycznym (BRA), podczas wykonywania autokorekcji (ASC); 2) stanie na niestabilnym podłożu (gąbka) z oczami otwartymi w warunkach: swobodnej postawy, wykonywania autokorekcji, stania z dodatkowym zadaniem mentalnym, autokorekcja z dodatkowym zadaniem mentalnym. Na podstawie zapisów COP obliczono przestrzenne i czasowe parametry COP: zmienność [mm], zakres [mm], średnia prędkość [mm/s], częstotliwość [Hz] oraz entropia, wymiar fraktalny.

Do oceny percepcji deformacji tułowia wykorzystano skalę wizualną TAPS oraz pytania zawarte w wywiadzie dotyczące pozalekcyjnej aktywności fizycznej (tak / nie) i występowania skoliozy w rodzinie (rodzice, rodzeństwo - tak / nie). Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą programu Statistica 12. Wyniki przedstawiono przy użyciu statystyk opisowych. Związek między zmiennymi w badaniach oceny postrzegania własnego ciała przeprowadzono za pomocą testu chi-kwadrat

i współczynnika korelacji Spearmana. Do oceny zmian w stabilności postawy podczas różnych warunków została zastosowana wieloczynnikowa analiza wariancji (ANOVA).

Wyniki. 1) Wykonanie ASC wiązało się ze znacznym przesunięciem do tyłu średniej pozycji COP z oczami otwartymi i zamkniętymi (odpowiednio effect size (ES) = 0,56 i 0,65; $p < 0,05$). Zmianom COP towarzyszył wzrost wymiaru fraktalnego COP (ES = 1,05 i 0,98; $p < 0,05$) i częstotliwości (ES = 0,78; $p = 0,10$ i ES = 1,14; $p < 0,05$) w płaszczyźnie czołowej (ML). Zarówno podczas noszenia gorsetu jak i wykonywania ASC wykazano zmniejszenie wartości entropii COP z zamkniętymi oczami w płaszczyźnie strzałkowej (AP). 2) Wykonywanie autokorekcji nie wpływało na zmianę parametrów COP. Wprowadzenie dodatkowego zadania mentalnego skutkowało zmniejszeniem prędkości COP i zwiększeniem entropii COP. Wspólne wykonywanie ASC i dodatkowego zadania mentalnego zwiększyło szybkość COP i zmniejszyło entropię COP w porównaniu z danymi wyjściowymi. 3) Istnieje statystycznie istotna ujemna korelacja między wartościami skali TAPS a kątem Cobba ($r = -0,7$). Nie stwierdzono istotnej korelacji między TAPS a pozaszkolną aktywnością fizyczną a występowaniem skoliozy w rodzinie.

Wnioski. 1) Podczas wykonywania autokorekcji zaobserwowano zmiany w parametrach równowagi, które świadczą o lepszej adaptacji pacjentów do nowych warunków oraz posiadaniu odpowiednich zasobów strategii posturalnych w płaszczyźnie ML. Podczas autokorekcji zaobserwowano znaczące (ok 25mm) przesunięcie do tyłu średniej pozycji COP. Noszenie gorsetu może mieć niepożądany wpływ na niektóre aspekty równowagi ciała.

2) Efekty dodatkowego zadania mentalnego, uzyskane w obrazie parametrów równowagi, wskazują na zdolność pacjentów z AIS do zwiększenia poziomu automatyzmu w procesie utrzymania równowagi. Jednak wykonywanie jednocześnie autokorekcji i dodatkowego zadania mentalnego wykazywało przejawy destabilizacji postawy.

3) Subiektywne postrzeganie własnego ciała przez dziewczęta z AIS było zbieżne z obrazem radiologicznym. Pacjenci dostrzegali zmiany w postawie spowodowane skoliozą i byli świadomi występujących deformacji w obrębie tułowia.

ABSTRACT

POSTURAL CONTROL IN GIRLS WITH ADOLESCENT IDIOPATHIC SCOLIOSIS DURING THE RECEIVING SPECIFIC PHYSIOTHERAPY AND CHÊNEAU BRACE

Key words: adolescent idiopathic scoliosis, active self-correction, Chêneau brace, postural control, body image

Introduction. The adolescent idiopathic scoliosis (AIS) may be accompanied by balance deficits. This reciprocal relationship must be taken into account when prescribing new therapeutic modalities because these may differently affect postural control, interacting with therapy and influencing its results.

Purpose. The purpose of this study was to evaluate of postural control in girls with AIS treated conservatively with specific physiotherapy and Chêneau.

Material and Methods. The study included 50 girls with adolescent idiopathic scoliosis aged 10 to 17. All participants having received conservative treatment in the form of physiotherapeutic scoliosis-specific exercise (PSSE).

For the postural stability test, a Kistler force plate was used to record the Centre of Pressure (COP). Each participant performed two sessions 20 s quiet standing trials: 1) with eyes open or closed: : normal quiet stance (QST), quiet stance with BRA, and quiet stance with ASC; 2) on a foam pad placed on the platform: : no task, ASC, additional mental task, and both an additional mental task + ASC.

On the basis of centre-of-pressure (COP) recordings, the spatial and temporal COP parameters were computed. The following variables were analyzed: COP variability [mm], COP, COP mean speed [mm/s], COP frequency [Hz], COP fractal dimension, COP sample entropy.

To evaluate perception of the body image was used the Trunk Appearance Perception Scale (TAPS.) Additionally, questions were asked on participation in extracurricular physical activity (yes/no) and scoliosis in the family (parents, siblings – yes/no).

The statistical analysis was carried out using the Statistica 12 program. The results were presented using descriptive statistics. Associations between the evaluations of own body image perception (TAPS) and the radiological measures of the trunk deformity degree were

determined with chi-square test and Spearman correlation. Repeated analysis of variance (ANOVA) was conducted for all parameters of the COP.

Results. 1) Performing ASC was associated with a significant backward excursion of the COP mean position with eyes open and closed (ES = 0.56 and 0.65, respectively; $p < 0.05$). This excursion was accompanied by an increase in the COP fractal dimension (ES = 1.05 and 0.98; $p < 0.05$) and frequency (ES = 0.78; $p = 0.10$ and ES = 1.14; $p < 0.05$) in the mediolateral (ML) plane. Finally, both therapeutic modalities – ASC and wearing brace – decreased COP sample entropy with eyes closed in the anteroposterior (AP) plane. 2) The ASC alone had no effect on any of the postural sway measures. An additional mental task alone decreased COP speed and increased COP entropy. Performing the ASC movements and an additional mental task together increased the COP speed and decreased COP entropy as compared to the baseline data. 3) There was a statistically significant negative correlation between TAPS and the Cobb angle ($r = -0.7$). Nonsignificant correlation was found between TAPS and extra-school physical activity and scoliosis occurrence in the family.

Conclusions. 1) The observed changes caused by ASC account for better adaptability of patients to environmental demands and for their adequate resources of available postural strategies in the ML plane. These changes in sway structure were accompanied by a significant (around 25 mm) backward excursion of the mean COP position. However, this improvement was achieved at the cost of lower automaticity, i.e. higher attentional involvement in postural control in the AP plane. Wearing braces may have an undesirable effect on some aspects of body balance.

2) Results indicate that AIS did not interfere with postural control. The effects of an additional mental task accounted for good capacity of subjects with AIS to take advantage of distracting attentional resources from the posture.

3) Subjective perception of their own body posture by girls with AIS was coincident with the radiological parameters. Patients noticed the distorted posture caused by scoliosis and were aware of changes in their silhouette.

SPIS TABEL

Tabela 1. Charakterystyka kliniczna i radiologiczna pacjentów (n=26)	15
Tabela 2.. Charakterystyka antropometryczna i radiologiczna badanych osób (n=9).....	14
Tabela 3. Charakterystyka kliniczna i radiologiczna pacjentów (n=24)	15

ZALĄCZNIKI

Załącznik 1. Publikacja nr 1. The Effects of Active Self-Correction on Postural Control in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Role of an Additional Mental Task.



International Journal of
Environmental Research
and Public Health



Article

The Effects of Active Self-correction on Postural Control in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Role of an Additional Mental Task

Elzbieta Piątek ^{1,*}, Michał Kuczyński ² and Bożena Ostrowska ¹

¹ Faculty of Physiotherapy, University School of Physical Education in Wrocław, Poland, Ul. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław, Poland; bożena.ostrowska@awf.wroc.pl

² Faculty of Physical Education and Physiotherapy, Opole University of Technology, ul. Prószkowska 76 b, 45-758 Opole, Poland; michal.kuczynski@awf.wroc.pl

* Correspondence: elzbieta.piatek90@gmail.com; Tel.: +48-506-798-691

Received: 27 January 2020; Accepted: 29 February 2020; Published: 3 March 2020

Abstract: Due to balance deficits that accompany adolescent idiopathic scoliosis (AIS), the potential interaction between activities of daily living and active self-correction movements (ASC) on postural control deserves particular attention. Our purpose was to assess the effects of ASC movements with or without a secondary mental task on postural control in twenty-five girls with AIS. It is a quasi-experimental within-subject design with repeated measures ANOVA. They were measured in four 20-s quiet standing trials on a force plate: no task, ASC, Stroop test, and both. Based on the center-of-pressure (COP) recordings, the COP parameters were computed. The ASC alone had no effect on any of the postural sway measures. Stroop test alone decreased COP speed and increased COP entropy. Performing the ASC movements and Stroop test together increased the COP speed and decreased COP entropy as compared to the baseline data. In conclusion, our results indicate that AIS did not interfere with postural control. The effects of the Stroop test accounted for good capacity of subjects with AIS to take advantage of distracting attentional resources from the posture. However, performing both tasks together exhibited some deficits in postural control, which may suggest the need for therapeutic consultation while engaging in more demanding activities.

Keywords: adolescent idiopathic scoliosis; active self-correction; postural control

1. Introduction

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) has been defined as a three-dimensional deformity of the spine and trunk occurring in healthy pubertal children [1]. The prevalence of AIS with a Cobb angle of $>10^\circ$ is approximately 2.5% in the general population, so it is the most common deformity of the spine in the maturing population [2].

From our own observations as physiotherapists, we consider that teaching active self-correction (ASC) is one of the most important tasks in the rehabilitation program. This is with the agreement of the International Scientific Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT) recommendations [3]. Patients with AIS should perform ASC during their daily activities [3–5]. This assignment is very problematic for them, and we can see that during concurrent activities of daily living, performing ASC may interfere with posture control. According to Weiss et al. [5], the ability to adapt and maintain the properly corrected body posture whilst completing activities of daily living is crucial. It is one of the factors determining the effectiveness of corrective programs concerning the improvement of body posture.

Recently, Piątek et al. [6] reported that performing ASC resulted in a significant backward excursion of the center of pressure (COP) mean position with the concomitant increase in the COP fractality and frequency in the mediolateral (ML) plane. These results seem to account for desirable changes in postural control that were generated by learned ASC movements. In particular, they reflect the tendency of individuals with AIS to optimize their gravity line alignment and their adequate resources of available postural strategies, which are necessary to cope with novel postural challenges. However, this apparent improvement was achieved at the cost of lower automaticity, i.e., higher attentional involvement in postural control in the anteroposterior (AP) plane.

Dual-tasking is common in daily life. One normally needs to maintain postural control while performing one or more other concurrent tasks such as walking while talking [7] or keeping a stable standing position maintained during solving mental tasks. An individual's attention resources and information processing capacity are presumably limited and must be shared among all the tasks being concurrently performed [8]. The everyday routine of AIS patients often requires the simultaneous performance of ASC with other activities of daily living; therefore, a possibility of conflict arises that may adversely affect posture control, as indicated in the recent study by Piątek et al. [6]. Accordingly, when two tasks are being performed at the same time, the performance of one or both can be impaired if together, they require attention that exceeds an individual's capacity. Chang et al. [9] confirm this in their studies of adolescents with idiopathic scoliosis.

The aim of this study was to investigate the effects of three additional tasks on postural control in patients with AIS: (1) performing ASC; (2) an additional mental task; and (3) performing both these tasks simultaneously. Owing to the lack of reports on the relationship between AIS and the effect of attentional resource allocation, and the relatively high physical activity of the AIS subjects, we hypothesized an advantageous effect of the mental task on postural control. Similarly, the relatively well-learned ASC movements should not interfere with postural control. However, combining these tasks together may adversely affect postural performance or strategies. In patients with AIS, it was expected to gain new insights into the ASC performance during activities of daily living. That might shed new light on the modalities responsible for the emergence and sustainability of automaticity in postural control.

2. Materials and Methods

2.1. Participants

Twenty-four patients with AIS participated in this study. The subjects were 100% post-menarche females (aged 11–15.5 years) with a diagnosis of AIS from a local therapeutic rehabilitation center. All the girls had normal vision. The inclusion criteria for the participants were diagnosis of AIS by an independent physician and having received conservative treatment in the form of physiotherapeutic scoliosis-specific exercise (PSSE) for at least three to a maximum of five months. Patients were excluded for a history of spine surgery, musculoskeletal or neurological disease, back pain, or any spinal pathology not comorbid with AIS.

All patients knew their own ASC movements, which reduced scoliotic curves. These included different types of movements: (1) controlled self-elongation, having regard to the sagittal plane; (2) correction of the primary curve in the frontal plane; (3) correction of contiguous curves in the frontal plane; (4) correction of the primary curve in the horizontal plane. The biometric characteristics, including scoliotic curvature details, are presented in Table 1.

Written informed consent was obtained from all participants and their parent(s) or legal guardian(s) prior to their participation. The study goals, procedures, and methods were explained in full, and the subjects were informed that they could withdraw at any time. The study was approved by the Senate Research Ethics Committee at the University School of Physical Education in Wrocław, Poland (approval number: 35/2016).

Table 1. Characteristics of the participants (mean \pm s).

Patients with AIS (n = 24)		
Age [years]	13.4 \pm 1.6	
Height [cm]	159.5 \pm 10.1	
Body mass [kg]	50.8 \pm 7.8	
AIS curve pattern	75% R thoracic/L lumbar	25% L thoracolumbar
Primary Cobb angle [degrees]	24.5 \pm 7.5	
Risser sign	2.8 \pm 0.8	

2.2. Methods

Postural control was assessed with the eyes open on a Kistler force platform (Kistler 9281CA, Winterthur, Switzerland). Two-dimensional horizontal coordinates of the COP data were recorded for 20 s at a sampling frequency of 100 Hz.

Each participant performed four quiet standing trials on a foam pad placed on the platform (5 cm thick foam). These included: (1) QST: standing upright with a neutral and comfortable stance with the arms relaxed at the sides; (2) ASC: standing upright with autocorrection, where on the “correction” command, the participant performed ASC; (3) QST + MT: QST with a modified color-word Stroop test as an additional mental task; and (4) ASC + MT: dual-task: performing ASC with a modified color-word Stroop test as an additional mental task. The order of the four tasks was randomized. The feet position (5 cm apart) was marked on the surface to ensure repeatability across trials and participants. The participants were to focus their gaze on a computer screen at the eye level at a distance of 1.5 m and stand as motionless as possible. The Stroop test was projected onto the screen in the form of colored words whose color was different from what they read (for instance, the word “red” was projected in green ink). During this task, the participants were required to name the color of the ink instead of reading the word [10]. The sole purpose of the Stroop test was to distract their attention from the postural task. Data acquisition began when the subject signaled that they were ready.

Relevant COP outcome measures were determined separately for the ML and the AP direction. On the basis of the COP recordings, spatial and temporal COP parameters were computed. These were:

- COP variability [mm] – standard deviation of COP displacement from mean COP;
- COP mean speed [mm/s] – COP excursion divided by trial time;
- COP fractal dimension – a non-linear dynamic parameter of COP where the greater the fractal dimension, the better the postural system adapts to changes;
- COP sample entropy – a non-linear dynamic parameter of COP where greater entropy (higher COP irregularity) suggests less attentional resources devoted to balancing maintenance (greater automaticity) [11,12];
- incremented COP sample entropy – computed for the velocity of the COP displacements [13].

2.3. Statistical Analysis

The Statistica 12.0 software package (StatSoft, Tulsa, OK, USA) was used to carry out all statistical analyses. The data met the criteria of the normal distribution for all parameters of COP measures. Thus, to evaluate the hypothesized effects of the four tasks (QST, ASC, QST + MT, and ASC + MT) and two planes (ML and AP), repeated analysis of variance (ANOVA) was conducted for all parameters of the COP. Selected pairwise comparisons were explored by using follow-up analyses (Tukey’s test). The level of significance was set at $p < 0.05$.

3. Results

3.1. COP Variability [mm]

There was a main effect of task ($F [3, 69] = 2.86; p = 0.043$), which indicated the lowest/decreased COP variability in the QST + MT trial. Also, a main effect of plane was observed ($F [1, 23] = 15.53; p = 0.001$) with higher variability in the AP plane. Interestingly, there were no differences between ASC and ASC + MT.

3.2. COP Mean Speed [mm/s]

There was a main effect of task ($F [3, 69] = 5.16; p = 0.003$), which reflected decreased COP mean speed in the QST + MT trial. The results of ANOVA proved the main effect of plane ($F [1, 23] = 42.87; p = 0.000$), showing higher values in the AP plane. In addition, a task \times plane interaction was reported ($F [3, 69] = 3.49; p = 0.020$). Post-hoc analysis revealed that performing ASC with an additional mental task resulted in a significantly higher ($p = 0.003$) COP mean speed in the AP plane as compared with QST. There were no differences between ASC and ASC + MT in any plane. In the ML plane, the QST + MT trial showed a significant decrease ($p = 0.009$).

3.3. COP Fractal Dimension

There was a main effect of plane ($F [1, 23] = 4.360; p = 0.048$), indicating lower values of the COP fractal dimension in the AP plane. The Tukey's test pointed at a significant increase of the COP fractal dimension in two trials: ASC ($p = 0.042$) and ASC + MT ($p = 0.050$) compared with QST in the AP plane. However, there were no differences between ASC and ASC + MT trials in any plane. No task main effect ($F [3, 69] = 2.481; p = 0.068$) or task \times plane interaction ($F [3, 69] = 2.680; p = 0.054$) showed statistical significance.

3.4. COP Sample Entropy

There was a main effect of plane ($F [1, 23] = 8.771; p = 0.007$), showing higher COP sample entropy in the AP plane. No main effect of task ($F [3, 69] = 2.236; p = 0.092$) or task \times plane interaction ($F [3, 69] = 0.217; p = 0.885$) was found.

3.5. Incremented COP Sample Entropy

There was a main effect of task ($F [3, 69] = 4.56; p = 0.0057$) and plane ($F [1, 23] = 176.20; p = 0.000$). In addition, a task \times plane interaction was observed ($F [3, 69] = 3.56; p = 0.0186$). The incremented COP sample entropy increased only during QST + MT ($p = 0.003$) in the ML plane. Post-hoc analysis demonstrated a decrease of the incremented COP sample entropy during ASC + MT ($p = 0.04$) with respect to QST, only in the AP plane. Also, there were no differences between ASC and ASC + MT in the AP or ML planes.

The means (\pm standard deviation) of all dependent variables are shown in Table 2.

Table 2. Mean \pm standard deviation of mediolateral and anteroposterior center of pressure (COP) outcome measures for the four trials.

Direction	Variable	QST	ASC	QST+MT	ASC+MT
Mediolateral	Variability [mm]	5.35 \pm 2.59	4.83 \pm 1.71	4.28 \pm 1.43	4.94 \pm 1.74
	Speed [mm/s]	14.05 \pm 3.47	14.55 \pm 4.00	12.24 \pm 3.18	14.35 \pm 4.00
	Fractal dimension	1.43 \pm 0.07	1.44 \pm 0.05	1.42 \pm 0.05	1.42 \pm 0.07
	Sample entropy	0.90 \pm 0.25	0.96 \pm 0.20	0.98 \pm 0.19	0.92 \pm 0.17
	Incremented sample entropy	1.60 \pm 0.16	1.63 \pm 0.16	1.72 \pm 0.17 *	1.63 \pm 0.15
Anteroposterior	Variability [mm]	6.36 \pm 2.32	6.07 \pm 2.78	5.48 \pm 2.07	6.36 \pm 2.75
	Speed [mm/s]	16.14 \pm 3.93	17.27 \pm 5.07	16.27 \pm 4.85	18.11 \pm 5.75
	Fractal dimension	1.39 \pm 0.05	1.42 \pm 0.05 *	1.42 \pm 0.06 *	1.42 \pm 0.05 *

Sample entropy	0.98 ± 0.25	1.07 ± 0.25	1.11 ± 0.23	1.05 ± 0.29
Incremented sample entropy	1.92 ± 0.13	1.88 ± 0.13	1.93 ± 0.12	1.83 ± 0.15 *

COP—center of pressure; QST: standing upright with a neutral and comfortable stance with the arms relaxed at the sides; ASC: standing upright with autocorrection, where on the “correction” command, the participant performed ASC; QST + MT: QST with a modified color-word Stroop test as an additional mental task; ASC + MT: dual-task: performing ASC with a modified color-word Stroop test as an additional mental task. * Significant difference at $p < 0.05$ compared with QST.

4. Discussion

The purpose of this study was to investigate the effects of three additional tasks on postural control in patients with AIS. Four findings seem of particular interest in promoting optimal behaviors in girls with AIS. First, the inclusion of the Stroop test alone resulted in better postural performance, reflected by the decreased COP speed, and in different postural strategies, i.e., increased fractality of the COP and increased entropy of the incremental COP in the ML plane. These changes indicate that an additional mental task had a similar effect on our patients as in healthy young adults [14]. Second, the performance of ASC alone did not affect any spatial measure of the COP nor the entropy of the incremental COP. It did, however, lead to higher values of COP fractality. Both these results seem to account for a good adaptation of our patients to the ASC movements, which not only do not interfere with their postural control but also reflect more adaptive postural strategies. Third, performing the ASC and Stroop test simultaneously preserved the advantageous changes in COP fractality. However, this dual-task resulted in unfavorable changes in COP speed and the incremental COP entropy in the AP plane by increasing and decreasing their values, respectively. It concurs with the results obtained by Huxhold et al. [15], who reported a U-shape relationship between cognitive demand and postural control. While the average or optimal cognitive demand tends to decrease the amplitude of sway, excessive cognitive demand might lead to its increase. And fourth, in spite of the two unfavorable effects caused by performing Stroop test and ASC together in comparison with the baseline data, there were no differences between postural control with ASC compared with ASC and the Stroop test combined.

The different effects of two additional tasks investigated in this study on postural control in AIS are not surprising. The Stroop test is a genuine mental task that is cognitively demanding for unexperienced performers and thus is expected to distract a large part of attention, which is originally devoted to postural control. In contrast, ASC involves strong motor components related to maintaining the recommended body segment positions. While in the initial phase of learning ASC movements, because of their complicated structure, significant attentional resources are necessary; the consecutive training decreases this demand. It is known that practice reduces dual-task interference through increased automaticity [16] or decreased attentional load during learning [16,17].

Consequently, it seems logical that a dual postural task with the Stroop test as an additional mental task should reveal a more automatic mode of postural control [11] due to focusing the attention of AIS on disentangling colors from letters. Indeed, this transition towards increased automaticity was reflected in the present COP speed time-series as higher entropy that was accompanied by a significant decrease in the speed itself in the ML plane. On the other hand, the dual-task, which included the ASC alone, had no effect on the COP amplitude, speed, or entropy, which may be accounted for efficient learning of this task as our subjects had at least three-month experience in practicing ASC. The latter result seems to have a broader significance related to motor control and learning. It shows that it is rather diverted attention from posture and not acquired automaticity [14] that causes changes in the temporal structure of the movement. Such changes concur with the results of other authors [14,18]. In contrast, most previous works did not mention this important difference and tended to equate the contribution of these two processes into the irregularity of sway.

All three tasks, which included ASC and Stroop test separately or as a combined suprapostural task, exhibited a significant increase in the COP fractality in the AP plane. Such an increase in sway complexity is mainly considered as a beneficial change in the control of postural stability. It has been suggested that higher values of the fractal dimension account for the improved overall organization of the postural control system with better use of the available sensory inputs [19]. These changes are associated with better adaptability to new postural requirements, reflecting the ability to use a variety of postural strategies to preserve postural stability [20]. The latter authors documented that balance training, which was focused on a better sensory reweighting, resulted in increased complexity of sway. In the same vein, Casabona et al. [21] showed a larger fractal dimension in ballet dancers than in non-dancers and concluded that this difference might indicate a rearrangement of sensory integration and motor adaptation, necessary with the particular demands of selected ballet performances.

Interestingly, in spite of presumably different attentional demands of the latter three task their individual effects on the COP fractality were very similar. This may indicate limited sensitivity of subjects with AIS to discriminate between the different amounts of attention that was shifted from postural to the suprapostural task. The reason for this limitation may be the foam surface used in the study. Although it is commonly accepted that somatosensory deficit plays a crucial role in postural control in subjects with AIS [22,23], they still seem to strongly rely on proprioception [24]. Simoneau et al. [25] reported that after partial ankle proprioceptive deprivation, returning sensory inputs to normal significantly increased the COP speed. This probably accounted for the difficulty the girls with AIS had with the integration and reweighting of the various afferents to adapt their balance to environmental demands. These problems could be due to the inaccurate identification and transformation of the sensory data into desired postural strategies. A similar situation could have occurred while using a foam pad as a support surface, which by providing distorted or erroneous sensory signals [26] limited the ability of our subjects to shift their attention from posture to the secondary tasks. Though the assessment of the combined effect of ASC and additional mental task on postural control in subjects with AIS was the primary goal of this study, the effects of the mental task alone provide new insights into the potential ability of AIS patients to cope with mental distraction and to follow the instructions received from therapists.

This study should be viewed with some limitations. First, although the Stroop test is often used in the investigation of possible interactions between postural control and secondary mental tasks, it might have been too challenging for subjects with AIS, and its effects on the presented results need to be regarded with caution. The typical activities of daily living are usually familiar to subjects and often include some motor components. While the assessment of the effect of a secondary motor task on postural control is taxing, such an approach would be better suited to answer our research questions. Second, we did not specifically instruct our subjects on which of the two tasks should be prioritized. It is known that the task prioritization may differently affect both tasks, depending on the investigated individuals' abilities, and the actual results are not easily predictable [27,28]. A similar experiment performed among subjects with AIS may reveal their particular preferences in sharing the attentional resources and help to optimally adjust the therapeutic recommendation to the individual needs.

5. Conclusions

The results of this study indicated that postural control of girls with AIS is not susceptible to an adverse interference by an additional mental task. These patients showed good adaptation to the well learned ASC movements, which had no effect on postural behavior. Additionally, an unfamiliar secondary mental task improved their postural control resulting in decreased sway variability and speed with the concomitantly increased irregularity of sway. Finally, when both these tasks were performed collectively, bearing a resemblance to the ADL activities may suggest the need for therapeutic consultation while engaging in more demanding activities.

Author Contributions: Conceptualization, E.P. and B.O.; methodology, E.P. and B.O.; software, E.P. and M.K.; validation, E.P., M.K. and B.O.; formal analysis, E.P. and M.K.; investigation, E.P., M.K. and B.O.; resources, E.P.;

data curation, E.P. and M.K.; writing—original draft preparation, E.P., M.K. and B.O.; writing—review and editing, E.P. and M.K.; visualization, E.P. and B.O.; supervision, E.P.; project administration, E.P., M.K. and B.O. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Monticone, M.; Ambrosini, E.; Cazzaniga, D.; Rocca, B.; Ferrante, S. Active self-correction and task-oriented exercises reduce spinal deformity and improve quality of life in subjects with mild adolescent idiopathic scoliosis. Results of a randomised controlled trial. *Eur. Spine J.* **2014**, *23*, 1204–1214.
2. Weinstein, S.L.; Dolan, L.A.; Cheng, J.C.; Danielsson, A.; Morcuende, J.A. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet* **2008**, *371*, 1527–1537.
3. Negrini, S.; Donzelli, S.; Aulisa, A.G.; Czaprowski, D.; Schreiber, S.; de Mauroy, J.C.; Lebel, A. 2016 SOSORT guidelines: Orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord.* **2018**, *13*, 3.
4. Fusco, C.; Zaina, F.; Atanasio, S.; Romano, M.; Negrini, A.; Negrini, S. Physical exercises in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: An updated systematic review. *Physiother. Theory Pract.* **2011**, *27*, 80–114.
5. Weiss, H.R.; Hollaender, M.; Klein, R. ADL based scoliosis rehabilitation—the key to an improvement of time-efficiency? *Stud. Health Technol. Inform.* **2006**, *123*, 594–598.
6. Piątek, E.; Kuczyński, M.; Ostrowska, B. Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: A pilot study. *PeerJ* **2019**, *7*, e7513.
7. Tsang, W.W.N.; Chan, V.W.L.; Wong, H.H.; Yip, T.W.C.; Lu, X. The effect of performing a dual-task on postural control and selective attention of older adults when stepping backward. *J. Phys. Ther. Sci.* **2016**, *28*, 2806–2811.
8. Kerr, B.; Condon, S.M.; McDonald, L.A. Cognitive spatial processing and the regulation of posture. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* **1985**, *11*, 617.
9. Chang, Y.T.; Meng, L.F.; Chang, C.J.; Lai, P.L.; Lung, C.W.; Chern, J.S. Effect of Postural Control Demands on Early Visual Evoked Potentials during a Subjective Visual Perception Task in Adolescents with Idiopathic Scoliosis. *Front. Hum. Neurosci.* **2017**, *11*, 326.
10. Scarpina, F.; Tagini, S. The stroop color and word test. *Front. Psychol.* **2017**, *8*, 557.
11. Donker, S.F.; Roerdink, M.; Greven, A.J.; Beek, P.J. Regularity of center-of-pressure trajectories depends on the amount of attention invested in postural control. *Exp. Brain Res.* **2007**, *181*, 1–11.
12. Roerdink, M.; Hlavackova, P.; Vuillerme, N. Center-of-pressure regularity as a marker for attentional investment in postural control: A comparison between sitting and standing postures. *Hum. Mov. Sci.* **2011**, *30*, 203–212.
13. Hansen, C.; Wei, Q.; Shieh, J.S.; Fourcade, P.; Isableu, B.; Majed, L. Sample entropy, univariate, and multivariate multi-scale entropy in comparison with classical postural sway parameters in young healthy adults. *Front. Hum. Neurosci.* **2017**, *11*, 206.
14. Kuczyński, M.; Szymańska, M.; Bieć, E. Dual-task effect on postural control in high-level competitive dancers. *J. Sports Sci.* **2011**, *29*, 539–545.
15. Huxhold, O.; Li, S.C.; Schmiedek, F.; Lindenberger, U. Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Res. Bull.* **2006**, *69*, 294–305.
16. Ruthruff, E.; Van Selst, M.; Johnston, J.C.; Remington, R. How does practice reduce dual-task interference: Integration, automatization, or just stage-shortening? *Psychol. Res.* **2006**, *70*, 125–142.
17. De Oliveira, R.F.; Raab, M.; Hegele, M.; Schorer, J. Task integration facilitates multitasking. *Front. Psychol.* **2017**, *8*, 398.
18. Richer, N.; Polskaia, N.; Lajoie, Y. Continuous cognitive task promotes greater postural stability than an internal or external focus of attention in older adults. *Exp. Aging Res.* **2017**, *43*, 21–33.
19. Doherty, C.; Bleakley, C.; Hertel, J.; Caulfield, B.; Ryan, J.; Delahunt, E. Balance failure in single limb stance due to ankle sprain injury: An analysis of center of pressure using the fractal dimension method. *Gait Posture* **2014**, *40*, 172–176.
20. Cone, B.L.; Goble, D.J.; Rhea, C.K. Relationship between changes in vestibular sensory reweighting and postural control complexity. *Exp. Brain Res.* **2017**, *235*, 547–554.

21. Casabona, A.; Leonardi, G.; Aimola, E.; La Grua, G.; Polizzi, C.M.; Cioni, M.; Valle, M.S. Specificity of foot configuration during bipedal stance in ballet dancers. *Gait Posture* **2016**, *46*, 91–97.
22. Assaiante, C.; Mallau, S.; Jouve, J.L.; Bollini, G.; Vaugoyeau, M. Do adolescent idiopathic scoliosis (AIS) neglect proprioceptive information in sensory integration of postural control? *PLoS ONE* **2012**, *7*, e40646.
23. Guo, X.; Chau, W.W.; Hui-Chan, C.W.; Cheung, C.S.; Tsang, W.W.; Cheng, J.C. Balance control in adolescents with idiopathic scoliosis and disturbed somatosensory function. *Spine* **2006**, *31*, E437–E440.
24. Leteneur, S.; Cremoux, S.; Allard, P.; Simoneau-Buessinger, É.; Farahpour, N.; Barbier, F. Frequency coherence analysis of postural balance in able-bodied and in non-treated adolescent idiopathic scoliotic girls. *Clin. Biomech.* **2019**, *67*, 180–186.
25. Simoneau, M.; Mercier, P.; Blouin, J.; Allard, P.; Teasdale, N. Altered sensory-weighting mechanisms is observed in adolescents with idiopathic scoliosis. *BMC Neurosci.* **2006**, *7*, 68.
26. Antoniadou, N.; Hatzitaki, V.; Stavridis, S.I.; Samoladas, E. Verticality perception reveals a vestibular deficit in adolescents with idiopathic scoliosis. *Exp. Brain Res.* **2018**, *236*, 1725–1734.
27. Yu, S.H.; Huang, C.Y. Improving posture-motor dual-task with a supraposture-focus strategy in young and elderly adults. *PLoS ONE* **2017**, *12*, e0170687.
28. Huang, C.Y.; Chen, Y.A.; Hwang, S.; Wu, R.M. Improving dual-task control with a posture-second strategy in early-stage Parkinson disease. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2018**, *99*, 1540–1546.



© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Załącznik 2. Publikacja nr 2. Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: a pilot study.



Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: a pilot study

Elżbieta Piątek¹, Michał Kuczyński² and Bożena Ostrowska¹

¹ Faculty of Physiotherapy, University School of Physical Education in Wrocław, Wrocław, Poland

² Faculty of Physical Education and Physiotherapy, Opole University of Technology, Opole, Poland

ABSTRACT

Background. It is known that adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is often accompanied by balance deficits. This reciprocal relationship must be taken into account when prescribing new therapeutic modalities because these may differently affect postural control, interacting with therapy and influencing its results.

Objective. The purpose was to compare postural control in girls with AIS while wearing the Chêneau brace (BRA) or performing active self-correction (ASC) with their postural control in a quiet comfortable stance.

Methods. Nine subjects were evaluated on a force plate in three series of two 20-s quiet standing trials with eyes open or closed; three blocks were randomly arranged: normal quiet stance (QST), quiet stance with BRA, and quiet stance with ASC. On the basis of centre-of-pressure (COP) recordings, the spatial and temporal COP parameters were computed.

Results and Discussion. Performing ASC was associated with a significant backward excursion of the COP mean position with eyes open and closed ($ES = 0.56$ and 0.65 , respectively; $p < 0.05$). This excursion was accompanied by an increase in the COP fractal dimension ($ES = 1.05$ and 0.98 ; $p < 0.05$) and frequency ($ES = 0.78$; $p = 0.10$ and $ES = 1.14$; $p < 0.05$) in the mediolateral (ML) plane. Finally, both therapeutic modalities decreased COP sample entropy with eyes closed in the anteroposterior (AP) plane. Wearing BRA resulted in $ES = 1.45$ ($p < 0.05$) while performing ASC in $ES = 0.76$ ($p = 0.13$).

Conclusion. The observed changes in the fractal dimension (complexity) and frequency caused by ASC account for better adaptability of patients to environmental demands and for their adequate resources of available postural strategies in the ML plane. These changes in sway structure were accompanied by a significant (around 25 mm) backward excursion of the mean COP position. However, this improvement was achieved at the cost of lower automaticity, i.e. higher attentional involvement in postural control in the AP plane. Wearing BRA may have an undesirable effect on some aspects of body balance.

Subjects Bioengineering, Kinesiology, Pediatrics

Keywords Adolescent idiopathic scoliosis, Chêneau brace, Active self-correction, Postural control

Submitted 27 March 2019

Accepted 18 July 2019

Published 29 August 2019

Corresponding author

Elżbieta Piątek,
elzbieta.piatek90@gmail.com

Academic editor

Martin Daumer

Additional Information and
Declarations can be found on
page 12

DOI 10.7717/peerj.7513

© Copyright

2019 Piątek et al.

Distributed under

Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

How to cite this article Piątek E, Kuczyński M, Ostrowska B. 2019. Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: a pilot study. *PeerJ* 7:e7513 <http://doi.org/10.7717/peerj.7513>

INTRODUCTION

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is one of the common spinal deformities observed during adolescence, affecting 2–4% of individuals aged 10–16 years (Hawasli, Hullar & Dorward, 2015). AIS can introduce wide-ranging dysfunction in important bodily systems and organs (Simoneau et al., 2006; Wang et al., 2011; Weinstein et al., 2008). Research in the recent decade has attempted to determine if AIS patients show proprioceptive and somatosensory impairment. Several studies on AIS prognosis have reported abnormal somatosensory function, balance control, and proprioception (Guo et al., 2006). Numerous researchers present that standing balance assessments show greater postural instability in AIS patients compared with age-matched controls (Gaudreault et al., 2005; Karimi, Kavyani & Kamali, 2016; Chow et al., 2006). The cited literature suggests that young patients with scoliosis are more susceptible than healthy individuals to external perturbations and have greater difficulty in righting the body after disturbed balance (Karimi, Kavyani & Kamali, 2016).

The underlying cause of impaired postural control is considered multifactorial albeit strongly associated with vestibular dysfunction and defects in certain structures of the central nervous system (Hawasli, Hullar & Dorward, 2015; Gauchard et al., 2001; Byl et al., 1997). As the medial vestibulospinal tract controls the axial muscles (Pialasse et al., 2013), changes in the brain stem or sensorimotor cortex during the critical preadolescent and adolescent period of growth can impair sensorimotor integration and therefore lead to inappropriate trunk muscle activities, spine deformation, and greater instability. Hence, it is hypothesized that reduced balance control in AIS patients may be caused by either impaired vestibular information transfer or sensorimotor processing (Shi et al., 2013).

Two of the most common non-operative treatments prescribed for AIS are physiotherapy via active self-correction (ASC) and orthotic braces (Coillard et al., 2003; d'Amato, Griggs & McCoy, 2001; Katz & Durrani, 2001). ASC is a series of movements of realignment as a whole that the patients autonomously perform in order to reduce the scoliotic curves. This exercise has to be implemented as much as possible in three dimensions, which sometimes makes the ASC movement not easy to be understood and also not easy to be completed by the patient (Pizzetti et al., 2010). Bracing is generally recommended for skeletally immature patients with Cobb angles of 25–45° so as to halt further progressive curvature and provide passive correction (Chow, Leung & Holmes, 2007). Within the group of rigid Thoraco-Lumbo-Sacral Orthoses (TLSO), the Chêneau brace (BRA) is most widely used in Poland (Zaborowska-Sapeta et al., 2011). However, the clinical effects of bracing on postural balance in the AIS-afflicted population have only been addressed by a few studies, which report inconsistent findings. In the available literature, there is evidence that a bracing intervention can improve postural stability and balance in the sitting position (Smith & Emans, 1992). One investigation confirmed that bracing did not impede stability or balance during upright stance on a solid surface but significantly increased the centre-of-pressure (COP) sway area, displacement, and mediolateral amplitude in patients standing on an unstable surface (Chow, Leung & Holmes, 2007). Other studies have reported no significant clinical effects, among others,

no changes in COP displacement or sway area, after a 4-month application of the Boston bracing system compared with controls (Sadeghi et al., 2008). Instead, greater postural stiffness in the anteroposterior direction and reduced mediolateral balance control were observed. Another study demonstrated improved postural balance after 4 months of bracing in young AIS patients (Paolucci et al., 2013; Khanali et al., 2015).

A significant issue is that the vast majority of studies have focused solely on the effects of BRA-induced alignment on postural control whereas few have addressed autocorrective-based approaches (three-dimensional ASC). The diagnostic and therapeutic recommendations published by the Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT) show consensus on the use of autocorrection exercises and the efficacy of this intervention (Negrini et al., 2018). To the authors' knowledge, there are no studies that compare postural control in girls with AIS while wearing BRA or performing ASC. Therefore, the aim of this study was to compare postural control in girls with AIS while wearing BRA or performing ASC with their postural control in a quiet comfortable stance. We hypothesized better efficacy of ASC in supporting postural control.

MATERIALS & METHODS

Participants

Nine post-menarche female AIS patients aged 11–16 years (age: 14 ± 1.48 years, weight: 47.71 ± 5.61 kg, height: 161.5 ± 8.81 cm, Cobb angle: $35.6 \pm 8.9^\circ$) from a local therapeutic rehabilitation centre participated in the study. All subjects had normal vision. Individual patient characteristics including scoliotic curvature details are presented in Table 1. The inclusion criteria for the participants were diagnosis of AIS by an independent physician and receiving conservative treatment: BRA and physiotherapeutic scoliosis-specific exercises (PSSE) recommended by SOSORT (Negrini et al., 2018). Patients who had history of spine surgery, musculoskeletal, or neurological disease, or any spinal pathology not comorbid with AIS were excluded from the study. All participants received brace treatment for a minimum of 2 months (3.56 ± 1.42 months) with a dosage of 20 hours/day; the brace was removed for personal hygiene, exercise, or delineated rest periods. Each BRA was custom designed for three-dimensional curve correction by an experienced orthotics specialist. Figures 1 and 2 illustrate an exemplary BRA used in the study. All patients knew their own ASC movements which reduced scoliotic curves. These included different types of movements: (1) controlled self-elongation, having regard to the sagittal plane; (2) correction of the primary curve in the frontal plane; (3) correction of contiguous curves in the frontal plane; (4) correction of the primary curve in the horizontal plane.

Written informed consent was obtained from all participants and their parent(s) or legal guardian(s). The study goals, procedures, and methods were explained in full, and the subjects were informed that they could withdraw at any time. The study was approved by the Senate Research Ethics Committee at the University School of Physical Education in Wrocław, Poland (the approval number: 35/2016).

Table 1 Anthropometric and scoliotic curvature characteristics of the participants.

No.	Sex	Age [years]	Body mass [kg]	Body height [cm]	Risser sign	AIS curve type	Cobb angle [°]	Apex
1	Female	14	45.6	163.5	3	Right thoracic/left lumbar	30/32	T8/L2
2	Female	14	53.5	169	3.5	Right thoracic/left lumbar	28/40	T8/L2
3	Female	12.5	52.2	163.5	3.5	Right thoracic/left lumbar	16/25	T7/L1
4	Female	15	51.8	170.5	2	Right thoracic/left lumbar	18/35	T9/L3
5	Female	15	53.1	171.5	3	Right thoracic/left lumbar	37/20	T8/L1
6	Female	16	48.8	158	4	Right thoracic/left lumbar	32/30	T8/L1
7	Female	14.5	40.8	153	1.5	Right thoracic/left lumbar	55/20	T7/L1
8	Female	11	38	144.5	1	Right thoracic/left lumbar	26/20	T8/L1
9	Female	14	45.6	160	3	Right thoracic/left lumbar	38/18	T9/L3

**Figure 1** The Chêneau brace used in this study (back).Full-size  DOI: 10.7717/peerj.7513/fig-1

Methods

All procedures were performed in laboratory conditions. Postural control was assessed barefoot on a Kistler force platform (Kistler 9281CA, Winterthur, Switzerland). Two-dimensional horizontal coordinates of the COP data were recorded for 20 s at a sampling



Figure 2 The Chêneau brace used in this study (front).

Full-size  DOI: 10.7717/peerj.7513/fig-2

frequency of 100 Hz. Three bipedal quiet standing trials were performed: (1) QST—normal quiet stance: standing upright with a neutral and comfortable stance with arms relaxed at the sides; (2) ASC: standing upright with autocorrection; on the ‘correction’ command, the participant performed ASC; and (3) BRA: standing upright wearing BRA.

Each trial was performed in eyes-open and eyes-closed conditions. The foot position (5 cm apart) was standardized on the surface to ensure repeatability across trials and participants. Task order was counterbalanced with 1 min of rest provided after each trial in order to minimize the effects of fatigue or hysteresis (Chow, Leung & Holmes, 2007). The participants were instructed to stand as motionless as possible. Data acquisition began when the subject signalled they were ready. Relevant COP outcome measures were determined separately for the mediolateral (ML) and the anteroposterior (AP) direction. These were:

- COP SD [mm]—standard deviation of COP displacement from mean COP;
- COP sway range [mm]—difference between the maximum and minimum value of the COP;
- COP mean [mm]—mean value of the COP position;
- COP mean velocity [mm/s]—COP excursion divided by trial time;

- COP fractal dimension—a non-linear dynamic parameter of COP where the greater the fractal dimension, the better the postural system adapts to changes;
- COP sample entropy—a non-linear dynamic parameter of COP where greater entropy (higher COP irregularity) suggests less attentional resources devoted to balance maintenance (greater automaticity);
- COP frequency [Hz]—frequency of COP, indicative of the involvement of the neural system in postural regulation.

Statistical analysis

Data were processed with the Statistica 12.0 software package (StatSoft, Tulsa, OK, USA). The data met the criteria of normal distribution for all parameters of COP measures. Thus, to evaluate the possible effects and interactions of vision (eyes open, eyes closed) and posture (quiet standing, ASC, BRA), a 2×3 repeated analysis of variance (ANOVA) was conducted for all parameters of the COP in the ML and the AP planes separately. To assess differences between the three groups, the post-hoc Fisher's least significant difference (LSD) test was used. The level of significance was set at $p < 0.05$. Effect size (ES) was calculated to determine the effects of ASC and BRA on postural control compared with quiet standing. An effect size of 0.3 is a small effect, 0.5 is a moderate effect, and 0.8 is a strong effect.

RESULTS

In the AP plane, the COP mean position showed the main effect of posture ($F[2, 16] = 3.73$; $p = 0.0047$). The LSD test pointed at a significant backward shift of the COP mean position in both eyes open ($p = 0.004$) and eyes closed ($p = 0.0002$) (Fig. 3). The traditional measures of the COP dispersion displayed the main effects of vision in the AP plane for COP variability ($F[1, 8] = 17.78$; $p = 0.003$), range ($F[1, 8] = 18.33$; $p = 0.0003$), and velocity ($F[1, 8] = 9.57$; $p = 0.001$). Eyes closure increased the values of these three latter parameters. In addition, there was a vision \times posture interaction ($F[2, 16] = 3.89$; $p = 0.042$) for range only, which arose because brace differently affected this parameter: the range increased during eyes closed ($p = 0.003$) and remained unchanged during eyes open. The COP sample entropy in the AP plane displayed the main effect of vision ($F[1, 8] = 6.87$; $p = 0.031$), indicating lower values with eyes closed. Post-hoc analysis revealed that using a brace resulted in a significantly lower ($p = 0.02$) sample entropy during eyes closed (Fig. 4). Interestingly, there were no differences between ASC and quiet standing.

In the ML plane, the results of ANOVA proved the main effect of posture on the COP fractal dimension ($F[2, 16] = 6.05$; $p = 0.011$) and sway frequency ($F[2, 16] = 10.7$; $p = 0.001$). The post-hoc LSD test indicated the highest values of the COP fractal dimension during ASC with eyes open ($p = 0.01$) and eyes closed ($p = 0.03$) compared with the brace and quiet standing (Fig. 5). The post-hoc analysis of frequency did not reveal significant changes (Fig. 6).

The means (SD) of all dependent variables including effect size values over 0.5 are shown in Table 2.

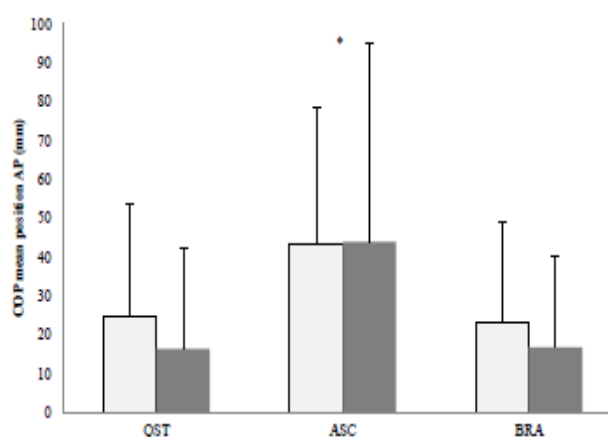


Figure 3 Mean (SD) values of COP mean position in the AP plane in the backward directions. QST, quiet standing; ASC, active self-correction; BRA, Chéneau brace. White column, eyes open; shaded column, eyes closed. Asterisks indicate a significant ($p < 0.05$) post hoc difference with respect to QST.

Full-size [DOI: 10.7717/peerj.7513/fig-3](https://doi.org/10.7717/peerj.7513/fig-3)

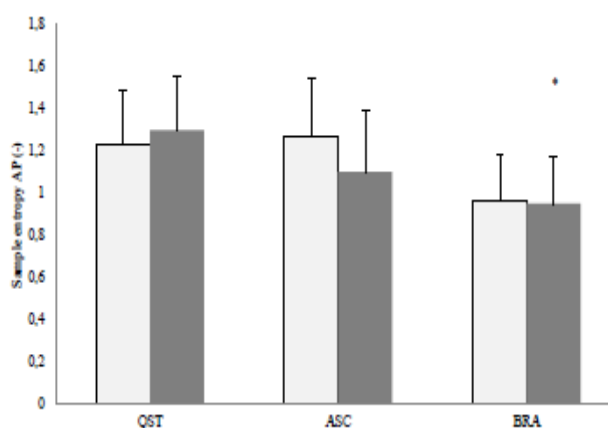


Figure 4 Mean (SD) values of Sample entropy in the AP plane. QST, quiet standing; ASC, active self-correction; BRA, Chéneau brace. White column, eyes open; shaded column, eyes closed. Asterisks indicate a significant ($p < 0.05$) post hoc difference with respect to QST.

Full-size [DOI: 10.7717/peerj.7513/fig-4](https://doi.org/10.7717/peerj.7513/fig-4)

DISCUSSION

The purpose of this study was to compare postural control in girls with AIS while wearing BRA or performing ASC with their postural control in a quiet comfortable stance. In view of the fundamental difference between the two therapeutic approaches, i.e., BRA and ASC, we hypothesized better efficacy of ASC in supporting postural control. This prediction was mainly based on the expected releasing degrees of freedom and facilitating exploratory function by ASC as opposed to biomechanical constraints imposed by the brace, rendering the hip and trunk joints practically inflexible. On the other hand,

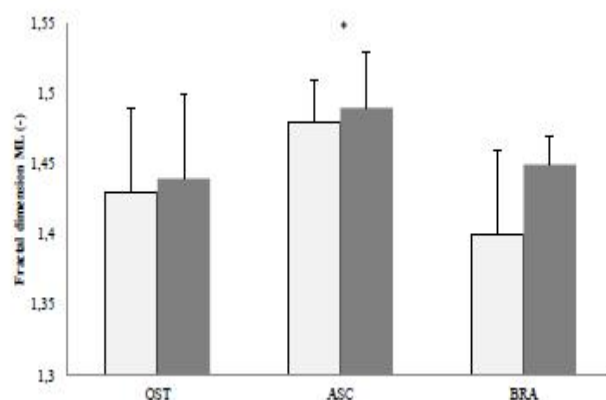


Figure 5 Mean (SD) values of COP fractal dimension in the ML plane. QST, quiet standing; ASC, active self-correction; BRA, Chêneau brace. White column, eyes open; shaded column, eyes closed. Asterisks indicate a significant ($p < 0.05$) post hoc difference with respect to QST.

Full-size [DOI: 10.7717/peerj.7513/fig-5](https://doi.org/10.7717/peerj.7513/fig-5)

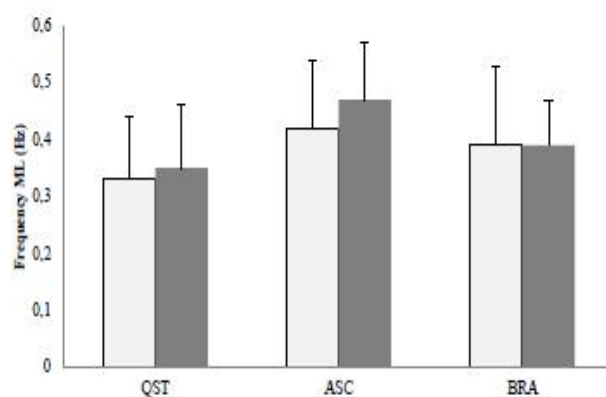


Figure 6 Mean (SD) values of COP frequency in the ML plane. QST, quiet standing; ASC, active self-correction; BRA, Chêneau brace. White column, eyes open; shaded column, eyes closed.

Full-size [DOI: 10.7717/peerj.7513/fig-6](https://doi.org/10.7717/peerj.7513/fig-6)

releasing degrees of freedom has been suggested as an important characteristic of motor learning, which is necessary when exploring solutions for a novel task (Sternad, 2018).

To find the effects of the investigated postures on the possible preferential use of different sensory afferents, we examined the subjects with the manipulation of visual input. Such an experimental protocol provides unique opportunities to reveal how sensory and motor signals are integrated to control the upright body (Paillard, Bizid & Dupui, 2007; Kabbaligere, Lee & Layne, 2017; Rasman et al., 2018). However, the results failed to find any interactions between the postural condition and vision in any of the sway indices. This means that changes in postural control between ASC and BRA observed in this study cannot be explained by differential effects of the investigated postures on the quality of sensory inputs. Instead, they must have been caused by some enhancement in sensory

Table 2 Mean \pm SD in AP and ML COP outcome measures for posture trials.

Direction	Variable	Eyes open			Eyes closed		
		Quiet standing	Active self-correction	Chêneau brace	Quiet standing	Active self-correction	Chêneau brace
Anteroposterior	COP SD [mm]	3.89 \pm 1.30	4.09 \pm 1.87	3.92 \pm 1.36	3.97 \pm 1.46	5.93 \pm 3.06 ^{a,b}	6.25 \pm 2.8 ^{1b}
	COP sway range [mm]	18.96 \pm 5.61	19.07 \pm 9.12	17.50 \pm 5.54	19.73 \pm 8.86	26.88 \pm 12.80	30.23 \pm 12.85
	COP mean velocity [mm/s]	12.12 \pm 2.11	13.14 \pm 3.71	11.58 \pm 2.26	14.60 \pm 3.83	17.32 \pm 6.43	15.86 \pm 4.23
	COP frequency [Hz]	0.30 \pm 0.11	0.32 \pm 0.07	0.29 \pm 0.18	0.40 \pm 0.13	0.39 \pm 0.12	0.37 \pm 0.19
	COP fractal dimension	1.43 \pm 0.06	1.43 \pm 0.03	1.41 \pm 0.07	1.45 \pm 0.05	1.44 \pm 0.05	1.43 \pm 0.05
	COP sample entropy	1.23 \pm 0.26	1.27 \pm 0.28	1.18 \pm 0.27	1.30 \pm 0.26	1.10 \pm 0.29 ^a	0.95 \pm 0.22 ^b
	COP mean [mm]	24.89 \pm 28.81	43.1 \pm 35.2 ^a	23.1 \pm 26.1	16.28 \pm 25.87	43.86 \pm 51.24 ^a	16.68 \pm 23.77
Mediolateral	COP SD [mm]	3.33 \pm 1.33	3.11 \pm 1.40	3.26 \pm 1.32	3.81 \pm 1.96	3.96 \pm 1.84	3.65 \pm 1.48
	COP sway range [mm]	16.52 \pm 6.35	16.65 \pm 7.54	15.88 \pm 4.89	18.51 \pm 9.69	19.74 \pm 8.46	18.31 \pm 8.01
	COP mean velocity [mm/s]	9.35 \pm 2.76	11.13 \pm 4.42	9.25 \pm 2.11	11.14 \pm 5.47	13.91 \pm 5.27	11.15 \pm 4.02
	COP frequency [Hz]	0.33 \pm 0.11	0.42 \pm 0.12 ^a	0.39 \pm 0.14	0.35 \pm 0.11	0.47 \pm 0.10 ^b	0.39 \pm 0.08
	COP fractal dimension	1.43 \pm 0.06	1.48 \pm 0.03 ^{a,b}	1.40 \pm 0.06	1.44 \pm 0.06	1.49 \pm 0.04 ^b	1.45 \pm 0.02
	COP sample entropy	1.06 \pm 0.34	1.22 \pm 0.22	1.07 \pm 0.31	1.03 \pm 0.30	1.09 \pm 0.22	1.05 \pm 0.18
	COP mean [mm]	-4.26 \pm 13.28	-3.9 \pm 16.0	-1.26 \pm 8.37	-4.32 \pm 10.94	-0.15 \pm 9.32	-2.03 \pm 11.00

Notes.

^aSignificant difference at $p < 0.05$.^aES > 0.5.^bES > 0.8.

integration and internal representation of verticality. The latter proposition is consistent with some other studies on AIS (*Gauchard et al., 2001; Simoneau et al., 2006; Catanzariti et al., 2014*), as well as on stroke or vestibular pathology (*Pérennou et al., 2008; Borel et al., 2008*).

In contrast to the weak interactions, there were strong main effects of vision on several postural indices. Eyes closure deteriorated postural performance, as evidenced by the increased COP variability and mean velocity. The same manipulation decreased COP entropy, indicating the need for more conscious and less automatic postural control with occluded vision. Additionally, eyes closure resulted in an increased COP frequency, suggesting that a higher rate of the exploratory sway function is required when some of the normally available sensory inputs are suppressed. The results of these manipulations add to our understanding of the differing effects of BRA and ASC on the COP parameters in patients with AIS.

With regard to the specific results of this study, aimed at comparing the role of BRA and ASC in postural control, four findings seem of particular value. First, ASC resulted in a significant backward shift of the COP mean position on a hard surface in both visual conditions. This is equivalent to a very similar mean backward shift of the body centre of mass. Second, this shift was accompanied by an increase in the ML fractal dimension and frequency. Third, both therapeutic modalities increased sway amplitude only in the AP plane with eyes closed. Furthermore, in the AP plane with eyes closed, sway entropy decreased with BRA and to a lesser extent with ASC.

Mean COP position is seldom computed and analysed except in subjects standing at heights (*Carpenter et al., 2001*) and in older persons (*Jbabdi, Boissy & Hamel, 2008*), where fear of falling significantly contributes to increasing the distance between the limits of stability and the COP mean position. The fact of ignoring this index in the majority of studies probably indicates a high consistency in adopting this position regardless of various sensory manipulations and accounts for a presence of a strong set-point used by the central nervous system in controlling erect stance. Therefore, in our subjects, this backward shift of the mean COP position that resulted from the ASC posture must be interpreted as a relevant adjustment in postural control. By virtue of the unexpected emergence and its impressive magnitude only, the backward displacement of the COP cannot be instantly classified as a beneficial modification of posture. Importantly, however, this modification was accompanied by an increase in the COP fractal dimension and frequency, which manifest advantageous changes in the postural control system. The fractal dimension is regarded as a measure of complexity of the investigated time-series and, within some limits, its higher values account for improvements in the overall postural strategies and in the better adaptability to novel postural challenges, in particular. A higher COP complexity reflects the ability of the central nervous system to use a variety of postural strategies to maintain stable stance (*Cone, Goble & Rhea, 2017*).

As documented by *Cone, Goble & Rhea (2017)*, balance training that focused at a better sensory reweighting resulted in an increased complexity of sway. In the same vein, *Casabona et al. (2016)* showed a larger fractal dimension in ballet dancers than in non-dancers and concluded that this difference might indicate a rearrangement of sensory

integration and motor adaptation necessary to meet the particular demands of selected ballet performances. This is in line with our understanding of the results of this study. Lower values of complexity found in AIS in habitual postures and while wearing braces may indicate the presence of biomechanical (and also psychological) constraints impeding the selection of sensorimotor strategies which might lead to optimal postural behaviour. The situation was quite different after the patients learned to adequately use the ASC posture. The mechanically and habitually imposed constraints were, at least partially, removed, as reflected by larger sway complexity, which indicated an improved activity of the sensorimotor system in the integrating available sensory inputs and of its capacity to perform the exploratory function.

It is important to point out that in contrast to the apparent gain in the organization of the ASC postural control in the ML plane, the respective changes in the AP plane revealed an unexpected outcome. While using ASC with eyes closed, our patients decreased sway entropy, which reflected more attention invested in postural corrections, characteristic of conscious or deliberate involvement into this process. By doing so, they constrained the normal automatic mode of operation and this interaction resulted in decreased postural performance, which was manifested by increases in sway variability. Although these changes in COP entropy are much lesser than those caused by BRA in the same condition, they may account for some problems that the AIS patients experienced in maintaining the backward shift associated with the new body alignment while performing ASC. Although these undesirable reactions occurred only in trials with eyes closed, when limited sensory input made postural control more challenging, their presence may be associated with a suboptimal design of the self-corrected posture or inadequate adherence of subjects to the rules established by therapists. Such questions have seldom, if ever, been asked in relation to postural performance of subjects with AIS. The results of this study suggest that a regular application of posturography in AIS patients may help answer these questions and shed light on how to improve the treatment of this disease.

The main limitation of this pilot study is a small number of participants, which may have concealed significant changes in postural performance brought about by BRA or ASC. Thus, in addition to statistical significance, we also focused on the magnitude of effect sizes when interpreting the study results. Nevertheless, the subsequent conclusions should be regarded with caution unless confirmed by a replication study with an adequate sample size. The results of this study may provide support as the input data for sample size calculation.

The second limitation concerns the lack of postural control assessment at some intermediate points between the ASC practice and bracing onset and the final test. The large backward shift of the mean COP position did not, most likely, occur during this final test but rather resulted from a continuous process of postural adjustments. One can only speculate that the latter modification of the gravity line alignment tends to optimize its position as a set-point for controlling erect stance. Owing to its direct relationship to poor posture in scoliosis, further research on this issue is warranted. Along the same lines, the investigation into the acute effects of new braces or postures on body stability may be

helpful in clinical practice, facilitating the trade-off between body alignment and postural control.

CONCLUSIONS

This study compared postural control in girls with AIS while wearing BRA or performing ASC with their postural control in a quiet comfortable stance. We predicted better control during self-correction because its studious and diligent character seems to promote the exploratory function of postural sway, necessary in exploiting new strategies, as opposed to constraints imposed by the brace. Our hypothesis was confirmed by the increase in the COP complexity and frequency in the ML plane while performing active self-correcting movements in comparison with habitual standing. Such changes in complexity and frequency are supposed to account for better adaptability of patients to environmental demands and for their adequate resources of available postural strategies. However, this apparent improvement was achieved at the cost of lower automaticity, i.e., higher attentional involvement in postural control in the AP plane. Notably, the observed changes in sway were accompanied by a significant (around 25 mm) backward shift of the mean COP position, which, we believe, may indicate a relevant adjustment in postural control.

ADDITIONAL INFORMATION AND DECLARATIONS

Funding

The authors received no funding for this work.

Competing Interests

The authors declare there are no competing interests.

Author Contributions

- Elżbieta Piątek conceived and designed the experiments, performed the experiments, analyzed the data, contributed reagents/materials/analysis tools, prepared figures and/or tables, authored or reviewed drafts of the paper, approved the final draft.
- MichałKuczyński and Bożena Ostrowska conceived and designed the experiments, analyzed the data, contributed reagents/materials/analysis tools, prepared figures and/or tables, authored or reviewed drafts of the paper, approved the final draft.

Human Ethics

The following information was supplied relating to ethical approvals (i.e., approving body and any reference numbers):

The study was approved by the Senate Research Ethics Committee at the University School of Physical Education in Wrocław, Poland (Ethical Application Ref: 35/2016).

Data Availability

The following information was supplied regarding data availability:

Data is available at Zenodo:

Elżbieta Piątek, Michał Kuczyński, & Bożena Ostrowska. (2019). The effects of Chêneau bracing and active self-correction on postural balance in patients with adolescent idiopathic scoliosis. <http://doi.org/10.5281/zenodo.2604776>.

REFERENCES

- Borel L, Lopez C, Péruch P, Lacour M. 2008.** Vestibular syndrome: a change in internal spatial representation. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* **38(6)**:375–389 DOI 10.1016/j.neucli.2008.09.002.
- Byl N, Holland S, Jurek A, Hu S. 1997.** Postural imbalance and vibratory sensitivity in patients with idiopathic scoliosis: implications for treatment. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* **26(2)**:60–68 DOI 10.2519/jospt.1997.26.2.60.
- Carpenter MG, Frank JS, Silcher CP, Peysar GW. 2001.** The influence of postural threat on the control of upright stance. *Experimental Brain Research* **138(2)**:210–218 DOI 10.1007/s002210100681.
- Casabona A, Leonardi G, Aimola E, La Grua G, Polizzi CM, Cioni M, Valle MS. 2016.** Specificity of foot configuration during bipedal stance in ballet dancers. *Gait & Posture* **46**:91–97 DOI 10.1016/j.gaitpost.2016.02.019.
- Catanzariti JF, Agnani O, Guyot MA, Wlodyka-Demaille S, Khenioui H, Donze C. 2014.** Does adolescent idiopathic scoliosis relate to vestibular disorders? A systematic review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* **57(6–7)**:465–479 DOI 10.1016/j.rehab.2014.04.003.
- Chow DH, Kwok ML, Cheng JC, Lao ML, Holmes AD, Au-Yang A, Wong MS. 2006.** The effect of backpack weight on the standing posture and balance of schoolgirls with adolescent idiopathic scoliosis and normal controls. *Gait & Posture* **24(2)**:173–181 DOI 10.1016/j.gaitpost.2005.08.007.
- Chow DH, Leung DS, Holmes AD. 2007.** The effects of load carriage and bracing on the balance of schoolgirls with adolescent idiopathic scoliosis. *European Spine Journal* **16(9)**:1351–1358 DOI 10.1007/s00586-007-0333-y.
- Coillard C, Leroux MA, Zabjek KF, Rivard C. 2003.** SpineCor—a non-rigid brace for the treatment of idiopathic scoliosis: post-treatment results. *European Spine Journal* **12(2)**:141–148.
- Cone BL, Goble DJ, Rhea CK. 2017.** Relationship between changes in vestibular sensory reweighting and postural control complexity. *Experimental Brain Research* **235(2)**:547–554 DOI 10.1007/s00221-016-4814-2.
- d’Amato CR, Griggs S, McCoy B. 2001.** Nighttime bracing with the Providence brace in adolescent girls with idiopathic scoliosis. *Spine* **26(18)**:2006–2012 DOI 10.1097/00007632-200109150-00014.
- Gauchard GC, Lascombes P, Kuhnast M, Perrin PP. 2001.** Influence of different types of progressive idiopathic scoliosis on static and dynamic postural control. *Spine* **26(9)**:1052–1058 DOI 10.1097/00007632-200105010-00014.

- Gaudreault N, Arsenault AB, Larivière C, DeSerres SJ, Rivard CH. 2005. Assessment of the paraspinal muscles of subjects presenting an idiopathic scoliosis: an EMG pilot study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 6(1):14 DOI 10.1186/1471-2474-6-14.
- Guo X, Chau WW, Hui-Chan CW, Cheung CS, Tsang WW, Cheng JC. 2006. Balance control in adolescents with idiopathic scoliosis and disturbed somatosensory function. *Spine* 31(14):E437–E440.
- Hawasli AH, Hullar TE, Dorward IG. 2015. Idiopathic scoliosis and the vestibular system. *European Spine Journal* 24(2):227–233 DOI 10.1007/s00586-014-3701-4.
- Jbabdi M, Boissy P, Hamel M. 2008. Assessing control of postural stability in community-living older adults using performance-based limits of stability. *BMC Geriatrics* 8(1):8 DOI 10.1186/1471-2318-8-8.
- Kabbaligere R, Lee BC, Layne CS. 2017. Balancing sensory inputs: sensory reweighting of ankle proprioception and vision during a bipedal posture task. *Gait & Posture* 52:244–250 DOI 10.1016/j.gaitpost.2016.12.009.
- Karimi MT, Kavyani M, Kamali M. 2016. Balance and gait performance of scoliotic subjects: a review of the literature. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation* 29(3):403–415 DOI 10.3233/BMR-150641.
- Katz DE, Durrani AA. 2001. Factors that influence outcome in bracing large curves in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 26(21):2354–2361 DOI 10.1097/00007632-200111010-00012.
- Khanali M, Arazpour M, Hutchins SW, Vahab Kashani R, Sadeghi H, Vahid Tari H. 2015. The influence of thoracolumbosacral orthoses on standing balance in patients with adolescent idiopathic scoliosis: a pilot study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology* 10(6):452–457.
- Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, De Mauroy JC, Lebel A. 2018. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and Spinal Disorders* 13(1):3 DOI 10.1186/s13013-017-0145-8.
- Paillard T, Bizid R, Dupui P. 2007. Do sensorial manipulations affect subjects differently depending on their postural abilities? *British Journal of Sports Medicine* 41(7):435–438 DOI 10.1136/bjism.2006.032904.
- Paolucci T, Morone G, Di Cesare A, Grasso MR, Fusco A, Paulocci S, Iosa M. 2013. Effect of Chêneau brace on postural balance in adolescent idiopathic scoliosis: a pilot study. *European Journal of Physical Rehabilitation Medicine* 49(5):649–657.
- Pérennou DA, Mazibrada G, Chauvineau V, Greenwood R, Rothwell J, Gresty MA, Bronstein AM. 2008. Lateropulsion, pushing and verticality perception in hemisphere stroke: a causal relationship? *Brain* 131(9):2401–2413 DOI 10.1093/brain/awn170.
- Pialasse JP, Laurendeau S, Descarreaux M, Blouin J, Simoneau M. 2013. Is abnormal vestibulomotor responses related to idiopathic scoliosis onset or severity? *Medical Hypotheses* 80(3):234–236 DOI 10.1016/j.mehy.2012.11.035.

- Pizzetti P, Romano M, Negrini A, Negrini S. 2010. Active self correction during different exercises and movements: a biomechanical study [Abstract]. *Scoliosis* 5(S1):O22 DOI 10.1186/1748-7161-5-S1-O22.
- Rasman BG, Forbes PA, Tisserand R, Blouin JS. 2018. Sensorimotor manipulations of the balance control loop—beyond imposed external perturbations. *Frontiers in Neurology* 9:899 DOI 10.3389/fneur.2018.00899.
- Sadeghi H, Allard P, Barbier F, Chavet P, Gatto L, Rivard CH, Simoneau M. 2008. Bracing has no effect on standing balance in females with adolescent idiopathic scoliosis. *Medical Science Monitor* 14(6):CR293–CR298.
- Shi L, Wang D, Hui SC, Tong MC, Cheng JC, Chu WC. 2013. Volumetric changes in cerebellar regions in adolescent idiopathic scoliosis compared with healthy controls. *The Spine Journal* 13(12):1904–1911 DOI 10.1016/j.spinee.2013.06.045.
- Simoneau M, Richer N, Mercier P, Allard P, Teasdale N. 2006. Sensory deprivation and balance control in idiopathic scoliosis adolescent. *Experimental Brain Research* 170(4):576–582 DOI 10.1007/s00221-005-0246-0.
- Smith RM, Emans JB. 1992. Sitting balance in spinal deformity. *Spine* 17(9):1103–1109 DOI 10.1097/00007632-199209000-00016.
- Sternad D. 2018. It's not (only) the mean that matters: variability, noise and exploration in skill learning. *Current Opinion in Behavioral Sciences* 20:183–195 DOI 10.1016/j.cobeha.2018.01.004.
- Wang WJ, Yeung HY, Chu WCW, Tang NLS, Lee KM, Qiu Y, Cheng JCY. 2011. Top theories for the etiopathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 31:S14–S27 DOI 10.1097/BPO.0b013e3181f73c12.
- Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. 2008. Adolescent idiopathic scoliosis. *The Lancet* 371(9623):1527–1537 DOI 10.1016/S0140-6736(08)60658-3.
- Zaborowska-Sapeta K, Kowalski IM, Kotwicki T, Protasiewicz-Faldowska H, Kiebzak W. 2011. Effectiveness of Cheneau brace treatment for idiopathic scoliosis: prospective study in 79 patients followed to skeletal maturity. *Scoliosis* 6(1):1–5 DOI 10.1186/1748-7161-6-2.

Załącznik 3. Publikacja nr 3. Correlation between clinical condition of scoliosis and perception of one's body image by girls with adolescent idiopathic scoliosis.

REPORT FROM SCIENTIFIC MEETING

Physiotherapy Quarterly (formerly Fizjoterapia)

2018, 26 (3), 34–38

© University School of Physical Education in Wrocław

Correlation between the clinical condition of scoliosis and own body image perception among girls with adolescent idiopathic scoliosis

DOI: <https://doi.org/10.5114/pq.2018.78374>

Elżbieta Piątek, Dominika Zawadzka, Bożena Ostrowska

Department of Occupational Therapy, Faculty of Physiotherapy, University School of Physical Education in Wrocław, Wrocław, Poland

Abstract

Introduction. The aim of the study was to evaluate the subjective impression of trunk deformity in patients with adolescent idiopathic scoliosis and to compare the results of the Trunk Appearance Perception Scale (TAPS) with the Cobb angle, extra-school physical activity, and scoliosis occurrence in the family.

Methods. Overall, 26 patients with adolescent idiopathic scoliosis (mean age, 13.5 ± 2.3 years; 100% women) and no prior surgical treatment were included. Each patient completed TAPS and underwent a complete radiographic study of the spine (Cobb angle). Additionally, questions were asked on participation in extracurricular physical activity (yes/no) and scoliosis in the family (parents, siblings – yes/no). A correlation analysis between all variables was performed with chi-square test and Spearman correlation coefficient.

Results. The average TAPS score was 3.4. The patients most often assessed their body deformity between 3 and 4. There was a statistically significant negative correlation between TAPS and the Cobb angle ($r = -0.7$). Nonsignificant correlation was found between TAPS and extra-school physical activity and scoliosis occurrence in the family.

Conclusions. Bigger angles of spinal curvature were accompanied by lower values of subjective impression of body posture, determined by TAPS. Patients noticed the distorted posture caused by scoliosis and were aware of changes in their silhouette. We did not find the impact of participation in extra-school physical activity or the occurrence of scoliosis in the family on own body image perception.

Key words: body image, AIS, TAPS

Introduction

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is one of the most common deformities of the spine in adolescents (1–3% of children aged 10–16 years) [1, 2]. In most cases, its course is mild, however in 10% of people the scope of scoliosis exceeds 30°. Trunk deformity and compensatory changes in the neighbouring structures of the musculoskeletal system make idiopathic scoliosis (IS) a 3-dimensional deformity of the spine with secondary changes in the chest, pelvis, and internal organs [3].

In the recent years, the approach to treating AIS has changed. In the evaluation of the results of therapeutic intervention, regardless of its type (conservative treatment or surgical treatment), examining the impact of trunk deformity on the perception of body image has become a necessary element. Increased deformity and aesthetic appearance related to it are currently among the most important clinical considerations when treatment is suggested. In addition to preventing severe spinal scoliosis, patients' satisfaction from cosmetic treatment, arising from improved image and perception of own body image, is one of the main objectives of treating scoliosis [4].

With advances in the study of health-related quality of life (HRQoL), greater attention has been given to the quality of life (QoL) of patients with AIS and their perception of deformity instead of just focusing on improving the rate of surgical correction [5].

It has been confirmed that scoliosis in adolescence constitutes a risk factor of psychosocial problems. The problem

of poor body image is almost always found in studies on adolescent scoliosis [6–8].

New treatment objectives resulted in the occurrence of new instruments to evaluate the results of treatment (indicator measures). Despite being the most measurable predictor of scoliosis progress in adolescence, the Cobb angle is an insufficient indicator of the effectiveness of therapy, in particular under conditions of rehabilitation (physiotherapy) being conducted and the significance of cosmetic results [9].

Some attempts to evaluate and monitor aesthetics have already been made. It was indicated that instruments (questionnaires, scales) to evaluate the perception of spinal deformity in patients (or parents) had good psychometric properties and that image scales correlated better with the radiological value of scoliosis than text scales [10]. Applying instruments to evaluate the perception of body aesthetics by patients during scoliosis therapy constitutes an important element of psychological assessment.

A person's image determined by the external appearance significantly affects self-esteem developed in early childhood. Disapproval of and lack of satisfaction with your own appearance cause negative emotions and can be a source of psychosocial problems: low self-esteem, lack of self-confidence, difficulties in establishing contact, depressive tendencies, or even social phobia [7]. A protective factor for one's body image is self-esteem, resulting from the acceptance of one's body and believing in own attractiveness [11].

The objective of this article was to evaluate the associa-

Correspondence address: Elżbieta Piątek, Department of Occupational Therapy, Faculty of Physiotherapy, University School of Physical Education, al. I.J. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław, Poland, e-mail: elzbieta.piatek90@gmail.com

Received: 2018.01.06

Accepted: 2018.09.08

Citation: Piątek E, Zawadzka D, Ostrowska B. Correlation between the clinical condition of scoliosis and own body image perception among girls with adolescent idiopathic scoliosis. *Physiotherapy Quarterly*. 2018;26(3):34–38; doi: <https://doi.org/10.5114/pq.2018.78374>.

tion between the perception of body image among patients with AIS (perception of trunk deformity) (TAPS, Trunk Appearance Perception Scale) and the parameters of scoliosis deformity (the Cobb angle), participation in extracurricular physical activity, and the occurrence of scoliosis in the family.

Subjects and methods

A prospective cross-sectional study was performed. All the participants received detailed information on the aim of the study and were assured of its anonymity.

Selection criteria and sample size

The inclusion criteria were IS diagnosed on the basis of an X-ray, age 10–17 years, conservative treatment in progress (physiotherapeutic scoliosis-specific exercises or Cheneau brace combined with physiotherapeutic scoliosis-specific exercises), and the patient's consent to participate in the study. The conservative treatment for IS was based on the International Scientific Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT) guidelines [12]. Patients who had formerly received surgical treatment for scoliosis were excluded.

The analysis was performed in a group of 26 females with AIS treated conservatively. Single-curve thoracolumbar scoliosis was diagnosed in 4 patients, whereas double-curve scoliosis (right thoracic and left lumbar) in 22. Eight patients received specific physiotherapy, whilst 18 females were treated with both Cheneau brace and specific physiotherapy. The

patients were asked about their participation in extracurricular physical activity (yes/no) and the occurrence of scoliosis in the family (parents, siblings –yes/no) (Table 1). The patient's parents verified and confirmed the information about scoliosis in the family. All patients completed TAPS. Questionnaires were administered as paper-based forms and were completed by the patients themselves, without any assistance of the attending physician or of the patients' parents.

Measurement instruments

TAPS is a scale that evaluates the degree of trunk deformity and includes 3 sets of figures that depict the trunk from 3 viewpoints: a back view (set 1), a view of the patient bending forward seen from the front (Adam's test) (set 2), and a frontal view (set 3). This last view has two sets of drawings, one for males and one for females (Figure 1). Each drawing is scored from 1 (greatest deformity) to 5 (smallest deformity) and the mean score is obtained by adding the scores for the 3 drawings and dividing the total by 3 [10].

Statistical analysis

The results underwent statistical analysis with the Statistica 10 software. Descriptive statistics were used: means and standard deviations. Associations between the evaluation of own body image perception (TAPS) and the radiological measures of the trunk deformity degree (the Cobb angle) were determined with Spearman correlation.

The nonparametric chi-square test was used to compare the average TAPS results in girls who participated in additional activity outside school and those who did not, as well as to compare the average results of girls with the history of scoliosis in their closest family with those without such history. Statistical significance was established at $p = 0.05$.

Ethical approval

The research related to human use has been complied with all the relevant national regulations and institutional policies, has followed the tenets of the Declaration of Helsinki, and has been approved by the Ethics Committee at the University School of Physical Education in Wrocław (number of the permission: 35/2016).

Informed consent

Informed consent has been obtained from all individuals included in this study.

Table 1. Clinical and radiological characteristics of patients ($n = 26$)

	Mean \pm SD	Range (min.–max.)
Age (years)	13.5 \pm 2.3	10–16.5
Height (cm)	156.9 \pm 11.7	134–170.5
Body mass (kg)	47 \pm 7.5	33–60
Cobb angle (°)	27.3 \pm 11	10–58
Gender	100% female	
Extracurricular physical activity	57.7% yes	42.3% no
Scoliosis in the family	30.8% yes	69.2% no

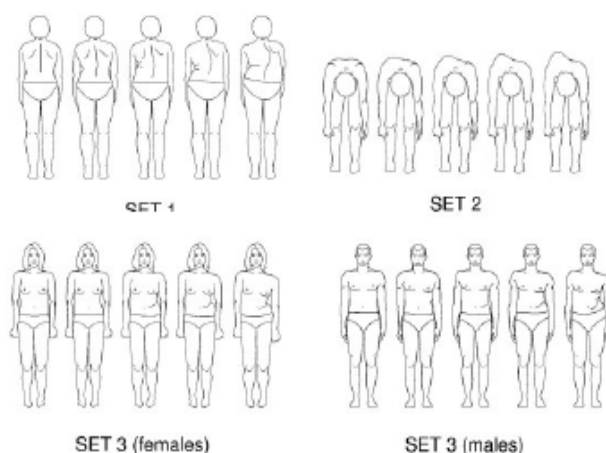


Figure 1. The Trunk Appearance Perception Scale (TAPS) [10]

Results

The average TAPS score was 3.4. The results show that patients most often assessed their body deformity between 3 and 4. Table 2 presents the distribution of the TAPS results.

There was a statistically significant negative correlation between TAPS and the Cobb angle in the study group ($r = -0.7$). Lower values of TAPS (denoting larger deformations) usually corresponded to bigger Cobb angles.

The correlation between the scores of the TAPS questionnaire and the Cobb angle is shown in Figure 2.

A nonsignificant correlation was found between TAPS and extra-school physical activity and scoliosis occurrence in the family. Only one of the 3 viewpoints of the trunk – set 1, looking towards the back – correlated significantly with extra-school physical activity (Table 3).

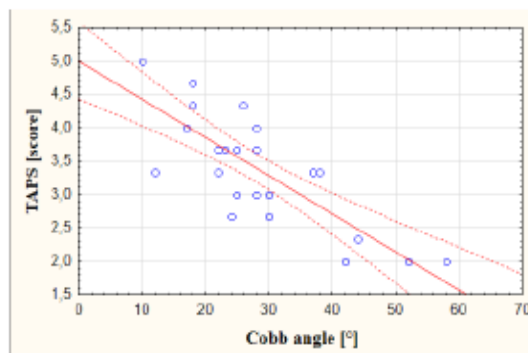


Figure 2. Graphical representation of the correlation between the Cobb angle and TAPS score

Discussion

The issue of QoL in patients with AIS is being discussed with increased frequency by physicians, physiotherapists, and other specialists, including psychologists. The analysis of treatment objectives is presented by the SOSORT 2016 consensus, which underlines the significance of the patients' QoL, sense of aesthetics, and psychological support for the success of treating scoliosis [12].

Treatment, either conservative or surgical, does not always bring the expected cosmetic result. Wearing braces, e.g. spinal fusion and Harrington instrumentation, improves physical parameters, e.g. reduces the rib hump; however, it does not necessarily affect aesthetics or give the desired cosmetic result [13]. The applied modifications in braces bring satisfaction with the aesthetic appearance of the back only in some AIS patients. Vasiliadis et al. [14], conducting their studies in Boston, indicated that the modified buckle may improve the aesthetic appearance of the back in AIS patients, but it is more effective in the case of double and chest curves.

Self-image is the most difficult domain of spinal deformity to measure, especially because people's perspectives may change over the course of their lives. This parameter is therefore not easy to assess, although self-image itself is one of the most important characteristics related to spinal deformity. The measurement of self-image is a constantly evolving process, contingent upon a person's level of maturity and their sociocultural environment [15].

In the present study, the authors aimed not only to evaluate the subjective perception of the trunk deformity with TAPS questionnaire, but also to compare the correlation between the subjects' own body image perception and the parameters of deformity, extracurricular physical activity, and scoliosis occurrence in the family. When correlating the dependency

Table 2. The Trunk Appearance Perception Scale – score distribution

	Mean \pm SD	Median	Lower quartile	Upper quartile
Set 1	3.3 \pm 0.9	3	3.00	4.00
Set 2	3.7 \pm 1	4	3.00	4.00
Set 3	3.2 \pm 0.9	3	3.00	4.00
Total score	3.4 \pm 0.8	3.3	3.00	4.00

Table 3. Association between the perception of own body image (TAPS) and participation in extracurricular physical activity and scoliosis occurrence in the family

	TAPS	No, median	Yes, median	Chi-square test
Scoliosis in the family		$n = 18$	$n = 8$	
	Set 1	3	3.5	$p = 0.70$
	Set 2	4	4	$p = 0.55$
	Set 3	3	3	$p = 0.32$
	Total score	3.3	3.3	$p = 0.46$
Physical activity		$n = 11$	$n = 15$	
	Set 1	3	4	$p = 0.01^*$
	Set 2	3	4	$p = 0.38$
	Set 3	3	3	$p = 0.10$
	Total score	3	3.7	$p = 0.31$

* $p < 0.05$

between body image perception as expressed in TAPS and the Cobb angle in the conducted study, a statistically significant negative correlation (with a high strength, $r = -0.7$) was observed. Lower TAPS values (which correspond to larger deformities) were usually accompanied by higher values of the Cobb angle. In the obtained results, the average TAPS score shows that patients most often assessed their trunk deformity between 3 and 4. Similar results were achieved by Bago et al. [10]. Their study involved 186 patients with diagnosed IS who were treated conservatively with a brace; some of them had been subject to surgical treatment earlier. The average TAPS score equalled 3.6, which shows that patients also assessed their trunk deformity between 3 and 4. In those studies, TAPS also correlated well with the curve angle ($r_s = -0.55$). Another group of researchers, Rigo and D'Agata [16], conducted similar studies of dependencies between the objective and subjective evaluation of deformity. It was confirmed that TAPS presented a good correlation with the scope of scoliosis ($r_s = -0.55$). Comparable results were observed by Matamalas et al. [17], with the average TAPS score of 3.2. On the basis of the TAPS questionnaire results analysis, it can be stated that people with scoliosis selected a figure with the deformity of the spine between 3 and 4 more often, which may indicate that patients notice their deformity, perceive changes in their body image, and are aware of changes in their silhouette. The results of the authors' own study proved no significant dependencies between body image perception and participation in extracurricular physical activity or its lack, and history of scoliosis in the family or its lack. Leszczewska et al. [18] only observed that physical activity was a factor reducing stress in patients with IS (on the basis of the BSSQ-Brace questionnaire results) [18].

Own body perception is significant as appearance is a considerable source of satisfaction. It is commonly known that the perception of one's body image in the case of trunk deformity due to scoliosis causes negative emotions, the belief that one is different, leading to low self-esteem and shame [8]. Improving aesthetics is one of the most important objectives in treating scoliosis, regardless of whether it is conservative or surgical treatment. Koch et al. [19] observed that 73% of AIS patients subjected to surgical treatment were satisfied with the aesthetic result in the form of a significant improvement of body appearance. Perception of own body image may vary significantly among both children and parents. Rigo et al. [20] reported a discrepancy between TAPS results in patients and their parents.

In sum, the aesthetic sequelae have been considered a critical factor for patients with IS. Patients and their families are often very concerned about the effect on the patient's image of the hump; this anxiety about aesthetics is also notably related to self-esteem. The low level of satisfaction with life and the declining self-esteem often associated with physical disorders can have a serious emotional and psychological impact, which leads to deterioration in physical condition and self-perceived QoL [15, 21].

Limitations

Limitations in the interpretation of the obtained results of the study can be related to the small sample size. The analysis of the collected data leads to a conclusion that there is a need for further research involving male sex.

Conclusions

The study indicated that patients with AIS with a bigger angle of spinal curvature presented lower values of the subjective impression of body posture, expressed by TAPS score. The studied girls noticed the distorted posture caused by scoliosis and were aware of changes in their silhouette. We did not find any impact of participation in extra-school physical activity or scoliosis occurrence in the family on the subjects' perception of own body image. The conclusions should be confirmed in larger material and with the use of more advanced methodology.

Disclosure statement

No author has any financial interest or received any financial benefit from this research.

Conflict of interest

The authors state no conflict of interest.

References

- Hawasli AH, Hullar TE, Dorward IG. Idiopathic scoliosis and the vestibular system. *Eur Spine J.* 2015;24(2):227–233; doi: 10.1007/s00586-014-3701-4.
- Choudhry MN, Ahmad Z, Verma R. Adolescent idiopathic scoliosis. *Open Orthop J.* 2016;10:143–154; doi: 10.2174/1874325001610010143.
- Negrini S, Aulisa AG, Aulisa L, Circo AB, de Mauroy JC, Dumala J, et al. 2011 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis.* 2012;7(1):3; doi: 10.1186/1748-7161-7-3.
- Zaina F, Negrini S, Fusco C, Atanasio S. How to improve aesthetics in patients with adolescent idiopathic scoliosis (AIS): a SPoRT brace treatment according to SOSORT management criteria. *Scoliosis.* 2009;4:18; doi: 10.1186/1748-7161-4-18.
- Han J, Xu Q, Yang Y, Yao Z, Zhang C. Evaluation of quality of life and risk factors affecting quality of life in adolescent idiopathic scoliosis. *Intractable Rare Dis Res.* 2015;4(1):12–16; doi: 10.5582/irdr.2014.01032.
- Tones M, Moss N, Polly DW Jr. A review of quality of life and psychosocial issues in scoliosis. *Spine.* 2006;31(26):3027–3038; doi: 10.1097/01.brs.0000249555.87601.fc.
- Saccomani L, Vercellino F, Rizzo P, Becchetti S. Adolescents with scoliosis: psychological and psychopathological aspects [in Italian]. *Minerva Pediatr.* 1998;50(1–2):9–14.
- Reichel D, Schanz J. Developmental psychological aspects of scoliosis treatment. *Pediatr Rehabil.* 2003;6(3–4):221–225; doi: 10.1080/13638490310001644593.
- Hawes MC, O'Brien JP. A century of spine surgery: what can patients expect? *Disabil Rehabil.* 2008;30(10):808–817; doi: 10.1080/09638280801889972.
- Bago J, Sanchez-Raya J, Perez-Gruoso FJ, Climent JM. The Trunk Appearance Perception Scale (TAPS): a new tool to evaluate subjective impression of trunk deformity in patients with idiopathic scoliosis. *Scoliosis.* 2010;5:6; doi: 10.1186/1748-7161-5-6.
- Monticone M, Ambrosini E, Cazzaniga D, Rocca B, Ferrante S. Active self-correction and task-oriented exercises reduce spinal deformity and improve quality of life in subjects with mild adolescent idiopathic scoliosis. Results of a randomised controlled trial. *Eur Spine J.* 2014;23(6):1204–1214; doi: 10.1007/s00586-014-3241-y.

12. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord.* 2018;13:3; doi: 10.1186/s13013-017-0145-8.
13. Danielsson AJ, Wiklund I, Pehrsson K, Nachemson AL. Health-related quality of life in patients with adolescent idiopathic scoliosis: a matched follow-up at least 20 years after treatment with brace or surgery. *Eur Spine J.* 2001; 10(4):278–288; doi: 10.1007/s005860100309.
14. Vasiladis E, Grivas TB, Sawidou O, Triantafyllopoulos G. The influence of brace on quality of life of adolescents with idiopathic scoliosis. *Stud Health Technol Inform.* 2006; 123:352–356.
15. Carrasco MIB, Ruiz MCS. Perceived self-image in adolescent idiopathic scoliosis: an integrative review of the literature. *Rev Esc Enferm USP.* 2014;48(4):748–757; doi: 10.1590/S0080-623420140000400024.
16. Rigo M, D'Agata E. Comparison between subjective perception of trunk deformity (TAPS) and objective assessment of back asymmetry (surface topography). *Scoliosis.* 2013;8(Suppl. 1):O9; doi: 10.1186/1748-7161-8-S1-O9.
17. Matamalas A, Bagó J, D'Agata E, Pellisé F. Body image in idiopathic scoliosis: a comparison study of psychometric properties between four patient-reported outcome instruments. *Health Qual Life Outcomes.* 2014;12(1):81; doi: 10.1186/1477-7525-12-81.
18. Leszczewska J, Czaprowski D, Pawtowska P, Kolwicz A, Kotwicki T. Evaluation of the stress level of children with idiopathic scoliosis in relation to the method of treatment and parameters of the deformity. *Sci World J.* 2012;2012: 538409. doi: 10.1100/2012/538409. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2012/538409/abs/>.
19. Koch KD, Buchanan R, Birch JG, Morton AA, Gatchel RJ, Browne RH. Adolescents undergoing surgery for idiopathic scoliosis: how physical and psychological characteristics relate to patient satisfaction with the cosmetic result. *Spine.* 2001;26(19):2119–2124.
20. Rigo M, D'Agata E, Jelacic M. Trunk appearance perception scale (TAPS) discrepancy between adolescents with idiopathic scoliosis and their parents influences HRQL. *Scoliosis.* 2013;8(Suppl 1):O55; doi: 10.1186/1748-7161-8-S1-O55.
21. Zhang J, He D, Gao J, Yu X, Sun H, Chen Z, et al. Changes in life satisfaction and self-esteem in patients with adolescent idiopathic scoliosis with and without surgical intervention. *Spine.* 2011;36(9):741–745; doi: 10.1097/BRS.0b013e3181e0f034.

Załącznik 4. Oświadczenia współautorów.

Wrocław, 24.03.2020

Dr hab. **Bożena Ostrowska**, prof. AWF
 Katedra Terapii Zajęciowej
 Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu
 Al. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

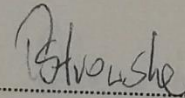
Tytuł pracy: The Effects of Active Self-Correction on Postural Control in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Role of an Additional Mental Task.

Imię i nazwisko współautora:
 Bożena Ostrowska

Udział autora:

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Koncepcja pracy | <input checked="" type="checkbox"/> Konsultacja |
| <input type="checkbox"/> Zaplanowanie badań, wybór metodyki | <input checked="" type="checkbox"/> Redagowanie publikacji |
| <input type="checkbox"/> Prowadzenie badań | <input type="checkbox"/> Zbieranie danych |
| <input type="checkbox"/> Analiza statystyczna | <input type="checkbox"/> Graficzne przedstawienie wyników |
| <input type="checkbox"/> Interpretacja wyników i opracowanie wniosków | <input checked="" type="checkbox"/> Zbieranie piśmiennictwa |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Korekta pracy przed złożeniem do druku |

Powyżej przedstawiam mój udział w powstaniu niniejszej publikacji oraz oświadczam, że doktorantka mgr Elżbieta Piątek miała wiodący udział w opracowaniu koncepcji badań, wykonaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników badań oraz przygotowaniu manuskryptu. Wyrażam zgodę na wykorzystanie wyników ww pracy w rozprawie doktorskiej doktorantki.



.....
Podpis autora

Wrocław, 24.03.2020

Dr hab. **Bożen Ostrowska**, prof. AWF
 Katedra Terapii Zajęciowej
 Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu
 Al. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

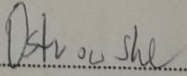
Tytuł pracy: Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: a pilot study.

Imię i nazwisko współautora:
 Bożena Ostrowska

Udział autora:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Koncepcja pracy | <input checked="" type="checkbox"/> Konsultacja |
| <input type="checkbox"/> Zaplanowanie badań, wybór metodyki | <input checked="" type="checkbox"/> Redagowanie publikacji |
| <input type="checkbox"/> Prowadzenie badań | <input type="checkbox"/> Zbieranie danych |
| <input type="checkbox"/> Analiza statystyczna | <input type="checkbox"/> Graficzne przedstawienie wyników |
| <input checked="" type="checkbox"/> Interpretacja wyników i opracowanie wniosków | <input checked="" type="checkbox"/> Zbieranie piśmiennictwa |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Korekta pracy przed złożeniem do druku |

Powyżej przedstawiam mój udział w powstaniu niniejszej publikacji oraz oświadczam, że doktorantka mgr Elżbieta Piątek miała wiodący udział w opracowaniu koncepcji badań, wykonaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników badań oraz przygotowaniu manuskryptu. Wyrażam zgodę na wykorzystanie wyników ww pracy w rozprawie doktorskiej doktorantki.



 Podpis autora

Wrocław, 24.03.2020

Dr hab. **Bożena Ostrowska**, prof. AWF
 Katedra Terapii Zajęciowej
 Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu
 Al. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

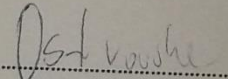
Tytuł pracy: Correlation between clinical condition of scoliosis and perception of one's body image by girls with adolescent idiopathic scoliosis.

Imię i nazwisko współautora:
 Bożena Ostrowska

Udział autora:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Koncepcja pracy | <input checked="" type="checkbox"/> Konsultacja |
| <input type="checkbox"/> Zaplanowanie badań, wybór metodyki | <input checked="" type="checkbox"/> Redagowanie publikacji |
| <input type="checkbox"/> Prowadzenie badań | <input type="checkbox"/> Zbieranie danych |
| <input type="checkbox"/> Analiza statystyczna | <input type="checkbox"/> Graficzne przedstawienie wyników |
| <input type="checkbox"/> Interpretacja wyników i opracowanie wniosków | <input checked="" type="checkbox"/> Zbieranie piśmiennictwa |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Korekta pracy przed złożeniem do druku |

Powyżej przedstawiam mój udział w powstaniu niniejszej publikacji oraz oświadczam, że doktorantka mgr Elżbieta Piątek miała wiodący udział w opracowaniu koncepcji badań, wykonaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników badań oraz przygotowaniu manuskryptu. Wyrażam zgodę na wykorzystanie wyników ww pracy w rozprawie doktorskiej doktorantki.



 Podpis autora

Dr Dominika Zawadzka
Katedra Terapii Zajęciowej
Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu
Al. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław

Wrocław, 23.03.2020

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

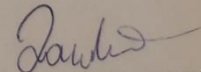
Tytuł pracy: Correlation between clinical condition of scoliosis and perception of one's body image by girls with adolescent idiopathic scoliosis.

Imię i nazwisko współautora:
Dominika Zawadzka

Udział autora:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Koncepcja pracy | <input checked="" type="checkbox"/> Konsultacja |
| <input type="checkbox"/> Zaplanowanie badań, wybór metodyki | <input checked="" type="checkbox"/> Redagowanie publikacji |
| <input type="checkbox"/> Prowadzenie badań | <input type="checkbox"/> Zbieranie danych |
| <input type="checkbox"/> Analiza statystyczna | <input type="checkbox"/> Graficzne przedstawienie wyników |
| <input type="checkbox"/> Interpretacja wyników i opracowanie wniosków | <input checked="" type="checkbox"/> Zbieranie piśmiennictwa |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Korekta pracy przed złożeniem do druku |

Powyżej przedstawiam mój udział w powstaniu niniejszej publikacji oraz oświadczam, że doktorantka mgr Elżbieta Piątek miała wiodący udział w opracowaniu koncepcji badań, wykonaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników badań oraz przygotowaniu manuskryptu. Wyrażam zgodę na wykorzystanie wyników ww pracy w rozprawie doktorskiej doktorantki.



.....
Podpis autora

prof. dr hab. inż. Michał Kuczyński
Katedra Fizjoterapii w Dysfunkcjach Narządu Ruchu
Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu
Al. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław

Wrocław, 23.03.2020

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

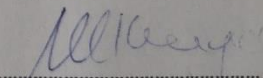
Tytuł pracy: The Effects of Active Self-Correction on Postural Control in Girls with Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Role of an Additional Mental Task.

Imię i nazwisko współautora:
Michał Kuczyński

Udział autora:

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Koncepcja pracy | <input checked="" type="checkbox"/> Konsultacja |
| <input type="checkbox"/> Zaplanowanie badań, wybór metodyki | <input checked="" type="checkbox"/> Redagowanie publikacji |
| <input type="checkbox"/> Prowadzenie badań | <input type="checkbox"/> Zbieranie danych |
| <input checked="" type="checkbox"/> Analiza statystyczna | <input type="checkbox"/> Graficzne przedstawienie wyników |
| <input checked="" type="checkbox"/> Interpretacja wyników i opracowanie wniosków | <input type="checkbox"/> Zbieranie piśmiennictwa |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Korekta pracy przed złożeniem do druku |

Powyżej przedstawiam mój udział w powstaniu niniejszej publikacji oraz oświadczam, że doktorantka mgr Elżbieta Piątek miała wiodący udział w opracowaniu koncepcji badań, wykonaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników badań oraz przygotowaniu manuskryptu. Wyrażam zgodę na wykorzystanie wyników ww pracy w rozprawie doktorskiej doktorantki.


.....
Podpis autora

Wrocław, 23.03.2020

prof. dr hab. inż. Michał Kuczyński
 Katedra Fizjoterapii w Dysfunkcjach Narządu Ruchu
 Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu
 Al. Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

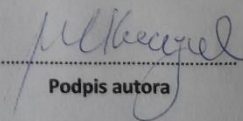
Tytuł pracy: Postural control in girls with adolescent idiopathic scoliosis while wearing a Chêneau brace or performing active self-correction: a pilot study.

Imię i nazwisko współautora:
 Michał Kuczyński

Udział autora:

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Koncepcja pracy | <input checked="" type="checkbox"/> Konsultacja |
| <input type="checkbox"/> Zaplanowanie badań, wybór metodyki | <input checked="" type="checkbox"/> Redagowanie publikacji |
| <input type="checkbox"/> Prowadzenie badań | <input type="checkbox"/> Zbieranie danych |
| <input checked="" type="checkbox"/> Analiza statystyczna | <input type="checkbox"/> Graficzne przedstawienie wyników |
| <input checked="" type="checkbox"/> Interpretacja wyników i opracowanie wniosków | <input type="checkbox"/> Zbieranie piśmiennictwa |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Korekta pracy przed złożeniem do druku |

Powyżej przedstawiam mój udział w powstaniu niniejszej publikacji oraz oświadczam, że doktorantka mgr Elżbieta Piątek miała wiodący udział w opracowaniu koncepcji badań, wykonaniu części eksperymentalnej, opracowaniu i interpretacji wyników badań oraz przygotowaniu manuskryptu. Wyrażam zgodę na wykorzystanie wyników ww pracy w rozprawie doktorskiej doktorantki.



 Podpis autora

Załącznik 5. Zgoda komisji etyki.

35/2016

**Senacka Komisja ds. Etyki Badań
Naukowych przy Akademii Wychowania
Fizycznego we Wrocławiu**

**Uchwała
w sprawie opinii o projekcie eksperymentu poznawczego**

Na podstawie uchwały Senatu Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu z dnia 20.12.2002 r. w sprawie powołania Senackiej Komisji ds. Etyki Badań Naukowych i uchwały z dnia 4.11.2003 r. – regulamin działań oraz w oparciu o art.27 ustawy z dnia 6.06.1997 r. kodeks karny (Dz.U. z 1997 r., poz.553 z późniejszymi zmianami) i zasady zawarte w „Dobrych obyczajach w nauce. Zbiór zasad i wytycznych” Komitetu Etyki w Nauce PAN z 2001r.

Przewodniczący Senackiej Komisji ds. Etyki Badań Naukowych przy
Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu
po zapoznaniu się z opinią Członków Komisji Etyki wniosku złożonego przez Panią:

mgr Elżbietę Piątek

*pt. „Wpływ leczenia zachowawczego na stabilność posturalną
dzieci ze skoliozą idiopatyczną”*

podjął decyzję o pozytywnym zaopiniowaniu tego wniosku, nie wnosząc żadnych zastrzeżeń.

Wydana opinia dotyczy tylko rozpatrywanego wniosku z uwzględnieniem przedstawionego projektu. Każda zmiana i modyfikacja wymaga uzyskania odrębnej opinii. Wnioskodawca obowiązany jest do informowania o ciężkich lub niespodziewanych zdarzeniach, niepożądanych i nieprzewidzianych okolicznościach, o zakończeniu badania, o jego wynikach i innych istotnych decyzjach ewentualnych innych komisji etycznych (bioetycznych).

Od powyższej uchwały podmiot zamierzający przeprowadzić eksperyment, kierownik jednostki organizacyjnej, w którym eksperyment poznawczy ma być przeprowadzony oraz komisja etyczna (bioetyczna) właściwa dla ośrodka, który ma ewentualnie uczestniczyć w wieloośrodkowym eksperymencie, mogą wnieść odwołanie do Zespołu Opiniodawczo-Doradczego do Spraw Etyki w Nauce Ministerstwa Nauki i Informatyzacji, za pośrednictwem Senackiej Komisji ds. Etyki Badań Naukowych przy Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu w terminie 14 dni od daty otrzymania niniejszej uchwały.

Przewodniczący Senackiej Komisji
ds. Etyki Badań Naukowych

Prof. dr hab. n. med. Marek Mędraś

Wrocław, dnia 12.12.2016.